

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

Bojan Jurinjak

Zagreb, 2015. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

Mentor:

Prof. dr. sc. Igor Balen, dipl. ing.

Student:

Bojan Jurinjak

Zagreb, 2015. godina

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru prof.dr.sc. Igor Balen na ukazanoj pomoći pri izradi ovog završnog rada.

Bojan Jurinjak



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: Bojan JURINJAK

Mat. br.: 0035166105

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **PROJEKT SUSTAVA GRIJANJA I HLAĐENJA STAMBENE ZGRADE**

Naslov rada na engleskom jeziku: **DESIGN OF HEATING AND COOLING SYSTEM FOR RESIDENTIAL BUILDING**

Opis zadatka:

U ovom radu, potrebno je projektirati sustav grijanja i hlađenja za stambenu zgradu ukupne korisne površine 700 m<sup>2</sup>, prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Stambena zgrada ima četiri etaže (Po + Pr + 1K + 2K). Najprije je potrebno usporediti tri varijante rješenja sustava grijanja i hlađenja zgrade prema metodologiji iz Elaborata primjenjivosti alternativnih sustava opskrbe energijom te odabrati optimalno tehničko rješenje na temelju usporedbe investicijskih i pogonskih troškova. Odabrano rješenje sustava potrebno je razraditi na razini glavnog projekta. Pripremu potrošne tople vode predvidjeti u izvedbi akumulacijskog sustava.

Zgrada se nalazi na području otoka Raba.

Na raspolaganju su energetske izvori:

- elektro-priključak 230/400V; 50Hz,
- vodovodni priključak tlaka 5 bar.

Rad treba sadržavati:

- toplinsku bilancu zgrade za zimu/ljeto,
- proračun investicijskih i pogonskih troškova za tri varijante rješenja,
- toplinsku i količinsku bilancu razvoda vode odabranog sustava grijanja i hlađenja,
- hidraulički proračun cijevne mreže ogrjevnog i rashladnog medija,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- tehnički opis funkcije termotehničkog postrojenja,
- funkcionalnu shemu spajanja i shemu regulacije,
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme.

Potrebni ulazni podaci bit će dostupni od mentora. U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

7. svibnja 2015.

Rok predaje rada:

9. srpnja 2015.

Predviđeni datumi obrane:

15., 16. i 17. srpnja 2015.

Zadatak zadao:

Prof.dr.sc. Igor Balen

Predsjednica Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

## Sadržaj

POPIS SLIKA .....	3
POPIS TABLICA.....	4
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....	5
POPIS OZNAKA .....	6
SAŽETAK.....	9
1. UVOD.....	10
2. ELABORAT ALTERNATIVNIH SUSTAVA OPSKRBE ENERGIJOM .....	16
2.1. PONUĐENE VARIJANTE SUSTAVA.....	19
3. PODACI O STAMBENOJ ZGRADI.....	20
4. METODOLOGIJA PRORAČUNA.....	21
4.1. Proračun toplinskih gubitaka prema HRN EN 12831 .....	24
4.2. Proračun toplinskih dobitaka prema VDI 2078.....	26
4.3. HRN EN ISO 13790 – Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade.....	29
4.4. HRN EN 15316-2-1:2008 Sustavi grijanja u zgradama – Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Sustavi za grijanje prostora zračenjem topline .....	35
4.5. HRN EN 15316-2-3:2008 Sustavi grijanja u zgradama – Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Razvodi sustava grijanja prostora.....	36
4.6. HRN EN 15316-4-1:2008 Sustavi grijanja u zgradama – Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Sustavi za proizvodnju topline izgaranjem (kotlovi) i Dio 4-7: Sustavi za proizvodnju topline izgaranjem biomase .....	38
4.7. HRN EN 15316-3-1:2008 Sustavi grijanja u zgradama – Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Sustavi za pripremu potrošne tople vode, pokazatelji potreba prema izljevnome mjestu.....	39
4.8. HRN EN 15316-3-2:2008 Sustavi grijanja u zgradama – Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Sustavi za pripremu potrošne tople vode, razvod .....	39
4.9. HRN EN 15316-3-3:2008 Sustavi grijanja u zgradama – Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Sustavi za pripremu potrošne tople vode, zagrijavanje .....	41
4.10. HRN EN 15316-4-3:2008 Sustavi grijanja u zgradama – Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Sustavi za proizvodnju topline, toplinski sustavi sunčevog zračenja .....	43
4.11. HRN EN ISO 15243 – Algoritam za proračun potrebne energije za primjenu ventilacijskih i klimatizacijskih sustava kod grijanja i hlađenja prostora zgrade .....	45
4.11.1. Vodeni sustav .....	45
4.11.2. VRF sustav .....	47
5. TEHNIČKO-EKONOMSKA ANALIZA ZA PONUĐENE TRI VARIJANTE SUSTAVA.....	51
5.1. I. varijanta sustava.....	51
5.2. II. varijanta sustava .....	53
5.3. III. varijanta sustava .....	55
6. ODABIR OPTIMALNOG RJEŠENJA.....	58
7. ODABIR OPREME.....	60
7.1. ODABIR DIZALICE TOPLINE .....	60
7.2. AKUMULACIJSKI SPREMNIK POTROŠNE TOPLE VODE .....	61
7.3. SOLARNI PLOČASTI KOLEKTORI.....	62
7.4. SOLARNA KOMPAKTNA STANICA .....	62
7.5. PLOČASTI IZMJENJIVAČ FREON/VODA.....	63
7.6. VENILOKONVEKTORI .....	63
7.7. RAZDJELNIK I SABIRNIK VODE .....	65

---

7.8.	CIRKULACIJSKE PUMPE ZA GRIJANJE .....	65
7.9.	RECIRKULACIJSKA PUMPA ZA PTV .....	66
7.10.	EKSPANZIJSKA POSUDA .....	67
7.11.	ELEKTRIČNI KUPAONSKI RADIJATOR .....	70
8.	HIDRAULIČKI PRORAČUN CJEVOVODA .....	71
8.1.	Proračun dimenzija cjevovoda .....	71
8.2.	Proračun pada tlaka .....	73
9.	TEHNIČKI OPIS SUSTAVA .....	75
10.	ZAKLJUČAK .....	78
11.	LITERATURA .....	79

## POPIS SLIKA

Slika 1 Kotao na pelete, proizvod „Centrometal“ .....	11
Slika 2 Zagrijavanje potrošne tople vode .....	12
Slika 3 Rashladnik vode, proizvod „Daikin“ .....	12
Slika 4 Dvocijevni sustav vodenog hlađenja.....	13
Slika 5 Princip rada VRV sustava u režimu hlađenja.....	15
Slika 6 Isporučena i primarna energija promatrane zgrade .....	16
Slika 7 Hodogram izrade elaborata o alternativnim izvorima energije .....	17
Slika 8 Zapadno pročelje stambene zgrade .....	20
Slika 9 Energetski tokovi kroz ovojnicu zgrade .....	22
Slika 10 Shematski prikaz tijeka proračuna sa ulaznim i izlaznim veličinama proračuna .....	23
Slika 11 Prikaz dobivene solarne energije po mjesecima .....	45
Slika 12 Usporedba troškova predloženih varijanti sustava kroz period od 20 godina .....	59

## POPIS TABLICA

Tablica 1 Karakteristike alternativnih sustava .....	10
Tablica 2 Usporedba peleta sa konvencionalnim gorivima .....	11
Tablica 3 Podaci o stambenoj zgradi.....	20
Tablica 4 Toplinska bilanca prema HRN EN 12831.....	25
Tablica 5 Bilanca hlađenja prema VDI 2078 .....	27
Tablica 6 Potrebna toplinska energija za grijanje prema algoritmu HRN EN 13790.....	32
Tablica 7 Potrebna energija za hlađenje prema algoritmu HRN EN 13790 .....	34
Tablica 8 Rezultati proračuna prema HRN EN 15316-2-1, podsustav predaje topline.....	35
Tablica 9 Rezultati proračuna prema HRN EN 15316-2-3, podsustav razvoda .....	37
Tablica 10 Rezultati proračuna prema HRN EN 15316-4-1 i prema HRN EN 15316-4-7, sustav proizvodnje toplinske energije.....	38
Tablica 11 Rezultati proračuna prema HRN EN 15316-3-2, sustav razvoda potrošne tople vode.....	40
Tablica 12 Rezultati proračuna prema HRN EN 15316-3-3, sustavi za pripremu potrošne tople vode .....	42
Tablica 13 Dobivene vrijednosti prema algoritmu HRN EN 15316-4-3, solarni sustavi .....	44
Tablica 14 Prikaz dobivenih rezultata isporučene i primarne energije u sezoni hlađenja za vodeni i VRF sustav prema algoritmu HRN EN 15243 .....	50
Tablica 15 Investicijski troškovi I. varijante sustava .....	51
Tablica 16 Rezultati proračuna I. varijante sustava .....	53
Tablica 17 Investicijski troškovi II. varijante sustava .....	53
Tablica 18 Isporučena i primarna energija II. varijante sustava.....	55
Tablica 19 Investicijski troškovi III. varijante sustava.....	55
Tablica 20 Isporučena i primarna energija III. varijante sustava .....	57
Tablica 21 Usporedba ukupnih troškova sustava kroz period od 20 godina .....	58
Tablica 22 Usporedba ukupnih troškova nakon 20 godina .....	59
Tablica 23 Odabrani ventilokonvektori po prostorijama.....	65
Tablica 24 Preporučene brzine strujanja vode u cijevima .....	71
Tablica 25 Dimenzije cjevovoda.....	72
Tablica 26 Izračunate vrijednosti pada tlaka kritičnih dionica .....	73



## **POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

1. Funkcionalna shema spajanja i regulacije
2. Tlocrt podruma – Shema cijevnog razvoda grijanja i hlađenja
3. Tlocrt prizemlja - Shema cijevnog razvoda grijanja i hlađenja
4. Tlocrt 1. kata - Shema cijevnog razvoda grijanja i hlađenja
5. Tlocrt 2. kata - Shema cijevnog razvoda grijanja i hlađenja
6. Tlocrt krova – Smještaj solarnih panela

## POPIS OZNAKA

- $\Phi_{T,i}$  - projektni transmisijski gubici topline prostorije [W]  
 $\Phi_{V,i}$  - projektni ventilacijski gubici topline prostorije [W]  
 $H_{T,ie}$  - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu [W/K]  
 $H_{T,iue}$  - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu [W/K]  
 $H_{T,ig}$  - stacionarni koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu [W/K]  
 $H_{T,ij}$  - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature [W/K]  
 $\theta_{int,i}$  - unutarnja projektna temperatura grijanog prostora [°C]  
 $\theta_e$  - vanjska projektna temperatura [°C]  
 $H_{V,i}$  - koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka [W/K]  
 $\theta_{int,i}$  - unutarnja projektna temperatura grijanog prostora [°C]  
 $\Phi_{T,i}$  - transmisijski gubici topline prostorije [W]  
 $\Phi_{V,i}$  - ventilacijski gubici topline prostorije [W]  
 $\Phi_{RH,i}$  - toplina za zagrijavanje zbog prekida grijanja [W]  
 $\theta_e$  - vanjska projektna temperatura [°C]  
 $Q_P$  - toplina koju odaju ljudi, [W]  
 $Q_M$  - toplina koju odaju različiti električni uređaji, [W]  
 $Q_E$  - dobitak topline od rasvjete, [W]  
 $Q_R$  - dobitak topline od susjednih prostorija, [W]  
 $Q_W$  - dobitak topline transmisijom kroz zidove, [W]  
 $Q_F$  - dobitak topline kroz staklene površine-prozore, [W]  
 $Q_T$  - dobitak topline kroz staklene površine-prozore transmisijom, [W]  
 $Q_S$  - dobitak topline kroz staklene površine-prozore zračenjem, [W]  
 $Q_h$  - rashladni učin hladnjaka, [W]  
 $V_z$  - potrebni volumni protok zraka, [m<sup>3</sup>/h]  
 $\rho_z$  - gustoća zraka, [kg/m<sup>3</sup>] ,  $\rho_z \cong 1.2 \text{ kg/m}^3$   
 $h_e$  - entalpija vanjskog zraka, [kJ/kg]  
 $h_{int,ulaz}$  - entalpija zraka ubačenog u prostoriju, [kJ/kg]  
 $Q_{H,nd,cont}$  - potrebna toplinska energija za grijanje pri kontinuiranom radu (kWh);  
 $Q_{H,ht}$  - ukupno izmjenjena toplinska energija u periodu grijanja (kWh);  
 $Q_{H,gn}$  - ukupni toplinski dobici zgrade u periodu grijanja (ljudi, uređaji, rasvjeta i sunčevo zračenje) (kWh);  
 $H_{Tr}$  - koeficijent transmisijske izmjene topline proračunske zone (W/K);  
 $H_{Ve}$  - koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone (W/K);  
 $\vartheta_{int,H}$  - unutarnja postavna temperatura grijane zone (°C);  
 $\vartheta_{e,m}$  - srednja vanjska temperatura za proračunski period (sat ili mjesec) (°C);  
 $t$  - trajanje proračunskog razdoblja (h) – (mjesečna metoda  $t$  = ukupan broj sati u mjesecu)  
 $H_D$  - koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu (W/K);  
 $H_U$  - koeficijent transmisijske izmjene topline kroz negrijani/nehlađeni prostor prema vanjskom okolišu (W/K);  
 $H_A$  - koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi (W/K);  
 $H_{g,m}$  - koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu za proračunski mjesec (W/K).  
 $Q_{Ve,inf}$  – potrebna toplinska energija uslijed infiltracije vanjskog zraka (kWh);  
 $Q_{Ve,win}$  – potrebna toplinska energija uslijed pozračivanja otvaranjem prozora (kWh);  
 $Q_{H,Ve,mch}$  – potrebna toplinska energija u GViK sustavu kod zagrijavanja zraka (kWh).

- $Q_{C,ve,mech}$  – potrebna toplinska energija u GViK sustavu kod hlađenja zraka (kWh).  
 $H_{Ve,win}$  – koeficijent ventilacijske izmjene topline uslijed otvaranja prozora (W/K);  
 $H_{H,ve,mech}$  – koeficijent ventilacijske izmjene topline uslijed mehaničke ventilacije/klimatizacije kod zagrijavanja zraka (W/K);  
 $H_{C,ve,mech}$  – koeficijent ventilacijske izmjene topline uslijed mehaničke ventilacije/klimatizacije kod hlađenja zraka (W/K);  
 $Q_{sol,k}$  – srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz  $k$ -ti građevni dio u grijani prostor (kWh);  
 $Q_{sol,u,l}$  – srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz  $l$ -ti građevni dio u susjedni negrijani prostor (kWh);  
 $Q_{C,nd}$  – potrebna toplinska energija za hlađenje (kWh);  
 $Q_{C,gn}$  – ukupni toplinski dobici zgrade u periodu hlađenja: ljudi, rasvjeta, uređaji, solarni dobici (kWh);  
 $Q_{C,ht}$  – ukupno izmjenjena toplinska energija u periodu hlađenja (kWh);  
 $\eta_{C,ls}$  – faktor iskorištenja toplinskih gubitaka kod hlađenja (-).  
 $Q_{int}$  – unutarnji toplinski dobici zgrade: ljudi, rasvjeta i uređaji (kWh);  
 $Q_{sol}$  – toplinski dobici od Sunčeva zračenja (kWh);  
 $Q_{Tr}$  – izmjenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu (kWh);  
 $Q_{Ve}$  – potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu (kWh).  
 $Q_{H,nd}$  – potrebna toplinska energija za grijanje prostora (kWh);  
 $Q_{em,out}$  – toplinska energija na izlazu iz podsustava predaje (kWh);  
 $Q_{em,ls}$  – ukupni toplinski gubici podsustava predaje (kWh);  
 $Q_{em,rbl}$  – iskoristivi toplinski gubici podsustava predaje (kWh);  
 $W_{em,aux}$  – pomoćna energija podsustava predaje (kWh);  
 $Q_{em,aux,rvd}$  – vraćena pomoćna energija u podsustav predaje (kWh);  
 $Q_{em,aux,rbl}$  – iskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja podsustava predaje (iskoristiva pomoćna energija) (kWh);  
 $Q_{em,aux,nrbl}$  – neiskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja podsustava predaje (kWh);  
 $Q_{em,in}$  – toplinska energija na ulazu u podsustav predaje (kWh);  
 $Q_{H,dis,out}$  – toplinska energija na izlazu iz podsustava razvoda ogrjevnog medija (kWh);  
 $Q_{H,dis,ls}$  – ukupni toplinski gubici u podsustavu razvoda (kWh);  
 $Q_{H,dis,rbl}$  – iskoristivi toplinski gubici podsustava razvoda (kWh);  
 $W_{H,dis,aux}$  – pomoćna energija podsustava razvoda (kWh);  
 $Q_{H,dis,aux,rvd}$  – vraćena pomoćna energija u podsustav razvoda (kWh);  
 $Q_{H,dis,aux,rbl}$  – iskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja podsustava razvoda (iskoristiva pomoćna energija) (kWh);  
 $Q_{H,dis,aux,nrbl}$  – neiskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja podsustava razvoda (kWh);  
 $Q_{H,dis,in}$  – toplinska energija na ulazu u podsustav razvoda (kWh);  
 $Q_{H,gen,out}$  – toplinska energija na izlazu iz podsustava proizvodnje (kWh);  
 $Q_{H,gen,ls}$  – ukupni toplinski gubici podsustava proizvodnje (kWh);  
 $Q_{H,gen,ls,env,rbl}$  – i– iskoristivi toplinski gubici generatora sustava grijanja ili skupno grijanja i pripreme PTV-a (kWh);  
 $W_{H,gen,aux}$  – pomoćna energija podsustava proizvodnje (kWh);  
 $Q_{H,gen,aux,rvd}$  – vraćena pomoćna energija u podsustav proizvodnje (kWh);  
 $Q_{H,gen,aux,rbl}$  – iskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja podsustava proizvodnje (iskoristiva pomoćna energija) (kWh);  
 $Q_{H,gen,aux,nrbl}$  – neiskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja podsustava proizvodnje (kWh);  
 $Q_{H,gen,in}$  – toplinska energija na ulazu u podsustav proizvodnje (kWh);  
 $E_{H,del}$  – isporučena energija u sustav grijanja (kWh);  
 $E_{H,prim}$  – primarna energija sustava grijanja (kWh).

$Q_W$	– potrebna toplinska energija za pripremu PTV-a (kWh);
$Q_{W,dis,out}$	– toplinska energija na izlazu iz podsustava razvoda PTV-a (kWh);
$Q_{W,dis,ls}$	– ukupni toplinski gubici u podsustavu razvoda (kWh);
$Q_{W,dis,rbl}$	– iskoristivi toplinski gubici podsustava razvoda (kWh);
$W_{W,dis,aux}$	– pomoćna energija podsustava razvoda (kWh);
$Q_{W,dis,aux,rvd}$	– vraćena pomoćna energija u podsustav razvoda (kWh);
$Q_{W,dis,aux,rbl}$	– iskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja podsustava razvoda (iskoristiva pomoćna energija) (kWh);
$Q_{W,dis,aux,nrbl}$	– neiskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja podsustava razvoda (kWh);
$Q_{W,dis,in}$	– toplinska energija na ulazu u podsustav razvoda (kWh);
$Q_{W,gen,out}$	– toplinska energija na izlazu iz podsustava proizvodnje (kWh);
$Q_{W,st,ls}$	– ukupni toplinski gubici spremnika PTV-a (kWh);
$Q_{W,st,rbl}$	– iskoristivi toplinski gubici spremnika PTV-a (kWh);
$Q_{W,p,ls}$	– ukupni topl.gubici primarne cirkulacije između generatora i spremnika PTV-a (kWh);
$Q_{W,p,rbl}$	– iskoristivi topl.gubici primarne cirkulacije između generatora i spremnika PTV-a (kWh);
$Q_{W,gnr,ls}$	– ukupni toplinski gubici generatora za pripremu PTV-a (kWh);
$Q_{W,gnr,ls,env,rbl}$	– iskoristivi toplinski gubici generatora za pripremu PTV-a (kWh);
$W_{W,p,aux}$	– pomoćna energija primarne cirkulacije (kWh);
$W_{W,gnr,aux}$	– pomoćna energija generatora za pripremu PTV-a (kWh);
$Q_{W,p,aux,rvd}$	– vraćena pomoćna energija primarne cirkulacije u podsustav proizvodnje (kWh);
$Q_{W,gnr,aux,rvd}$	– vraćena pomoćna energija generatora PTV-a u podsustav proizvodnje (kWh);
$Q_{W,p,aux,rbl}$	– iskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja primarne cirkulacije (iskoristiva pomoćna energija) (kWh);
$Q_{W,p,aux,nrbl}$	– neiskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja primarne cirkulacije (kWh);
$Q_{W,gnr,aux,nrbl}$	– iskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja generatora PTV-a (iskoristiva pomoćna energija) (kWh);
$Q_{W,gen,in}$	– toplinska energija na ulazu u podsustav proizvodnje PTV-a (kWh);
$Q_{W,gnr,aux,nrbl}$	– neiskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja generatora PTV-a (kWh);
$E_{W,del}$	– isporučena energija u sustav pripreme PTV-a (kWh);
$E_{W,prim}$	– primarna energija sustava pripreme PTV-a (kWh).

## SAŽETAK

U ovom diplomskom radu izrađeno je projektno rješenje sustava grijanja, hlađenja i zagrijavanja potrošne tople vode stambene zgrade korisne površine 700 m<sup>2</sup> koja se nalazi na otoku Rabu. Proveden je odabir optimalnog rješenja prema Elaboratu o alternativnim sustavima opskrbe energijom prema kojem je napravljena usporedba tri različita sustava. Za optimalno rješenje nakon analize investicijskih i pogonskih troškova odabrana je kombinacija sljedećih komponenti : dizalica topline zrak/voda za grijanje i hlađenje stambene zgrade te solarni pločasti kolektori za zagrijavanje potrošne tople vode.

U radu se nalaze termodinamički proračuni toplinskih gubitaka i dobitaka te proračuni energije koju je potrebno isporučiti sustavu za grijanje i hlađenje te zagrijavanje potrošne tople vode, izračunati prema metodologiji koja je u zakonodavstvo R. Hrvatske implementirana putem Algoritma za izračun energetske svojstava zgrade.

U ovom radu provedeni su proračuni prema : algoritam za izračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora prema HRN EN ISO 13790, algoritam za određivanje energetske potrebe i učinkovitost termotehničkih sustava u zgradama (sustavi grijanja prostora i pripreme potrošne tople vode) i algoritam za proračun potrebne energije za primjenu ventilacijskih i klimatizacijskih sustava kod grijanja i hlađenja prostora zgrade.

## 1. UVOD

Osnovni cilj Direktive o energetskej učinkovitosti zgrada 2002/91/EC (EPBD) i njene novelacije 2010/31/EU (EPBD II) je ušteda energije u zgradama, to jest povećanje energetske učinkovitosti kroz primjenu troškovno isplativih mjera poboljšanja. Osim smanjenja potrošnje energije, u navedenim Direktivama veliku pozornost se pridaje korištenju alternativnih sustava opskrbe energijom. Prema Direktivi EPBD II za nove zgrade i one koje se obnavljaju potrebno je napraviti elaborat tehničke, ekološke i ekonomske izvedivosti dostupnih alternativnih sustava. U Hrvatskoj je na snazi od 01.01.2015.god obaveza izraditi elaborat alternativnih sustava prije izrade glavnog projekta. Elaborat nije potrebno priložiti ukoliko se u zgradu ugrađuje alternativni sustav opskrbe energijom [1].

Tablica 1 prikazuje karakteristična svojstva pojedinih alternativnih sustava opskrbe energijom

**Tablica 1 Karakteristike alternativnih sustava [1]**

Vrsta	Svojstva	Funkcionalnost	Cijena	Pouzdanost	Održavanje	Redukcija CO <sub>2</sub> *	Ocjena
Biomasa	Koristi organski materijal. dobiva se toplina ili bioplin	Visoka. Zahtijeva veliko spremište	Srednja. Viša od konvenc. kotla	Visoka u ogrjevnom radu. Anaerobno vrenje i rasplinjavanje izaziva poteškoće	Lako	Visoka	++++
Sunčani sustav za grijanje i PTV	Korištenje Sunčevog zračenja za grijanje PTV i/ili prostorija	Srednja. Pouzdani uređaji. Velik izbor kolektora	Srednja	Visoka. Malo pokretnih dijelova. Pumpe i ventili pouzdani.	Lako.	Visoka. Pumpe mogu biti gonjene fotonaponskim sustavom	++
Fotonaponski modul	Pretvara Sunčevo zračenje u istosmjernu el. energiju	Srednja. Široke mogućnosti ugradnje. Za izmjeničnu struju potreban pretvarač.	Visoka. Očekuje se pad nabavnih cijena.	Srednja. Pretvarači mogu izazivati poteškoće.	Lako. Potrebni specijalisti.	Visoka	++
Vjetar	Pretvorba energije vjetra u el. energiju	Srednja. Bolja u otvorenim prostorima.	Niska. Ovisi o raspoloživosti vjetra. Snaga obično mnogo niža od instalirane	Srednja. Promjenjiva snaga vjetra smanjuje vijek.	Srednje. Potrebno redovito održavanje.	/	+++
Kogeneracija (Trigeneracija)	Proizvodnja električne i ogrjevnne (i rashladne) energije iz fosilnih ili obnovljivih goriva	Visoka. Učinkovita pri konstantnom opterećenju	Srednja. Potrebno potpuno iskorištenje otpadne topline	Srednja. Pouzdana tehnologija	Srednje. potrebno planirano i redovito održavanje	Srednja. bolja pri uporabi biomase	++++
Dizalica topline	Podiže temperaturu toplini iz okoline. Koristi se za grijanje i PTV.	Visoka. Može ostvariti i rashladni učinak	Srednja. Pogonska energija ovisna o razlici temperatura okoline i grijanja	Visoka. Pouzdani uređaji.	Nisko.	Srednja. Ovisna o vrsti pogona i razlici temperatura.	+++
Apsorpcijsko hlađenje	Bez mehaničkog kompresora. Koristi vanjski izvor topline	Visoka. Raspoloživa toplina služi hlađenju u klimatizaciji	Srednja. Veća nego za konvenc. dizalicu topline, ali koristi otpadnu toplinu	Visoka. Malo pokretnih dijelova	Lako	Srednja do visoka	+++++
Gorivne ćelije	Elektrokemijska pretvorba goriva u el. energiju i toplinu	Visoka. Kao kod kogeneracije	Visoka. Mali izbor komercijalnih uređaja. Skupi uređaji.	Srednja. Vijek trajanja još nepoznat iako se očekuje pouzdanost	Srednja. Malo pokretnih dijelova. Ćelija ima ograničenu trajnost	Srednja. Ovisi o gorivu i iskorištenju otpadne topline.	
Površinske vode	Voda iz jezera i mora za hlađenje	Niska. Malo zgrada blizu odgovarajućeg izvora	Niska do srednja. Ovisno o potrebnoj duljini cjevovoda	Srednja do visoka. Potrebno filtriranje.	Lako	Srednja. Ovisno o snazi pumpe.	++++
Izravno korištenje topline okoline	Geotermalna energija, voda iz jezera i mora za hlađenje, toplina plićih slojeva tla	Niska. Malo zgrada blizu odgovarajućih izvora	Niska do srednja kod zahvata vode i geotermalne energije, visoka kod polja podzemnih kolektora.	Srednja do visoka. Potrebno filtriranje.	Lako	Srednja do visoka, ovisno o dodatnoj opremi.	++++

Prilikom izrade Elaborata o alternativnim sustavima opskrbe energijom, potrebno je napraviti analizu tri različite varijante sustava [1].

Prva varijanta sustava koja je predložena za ugradnju na predmetnoj stambenoj zgradi je kombinacija sljedećih komponenti : kotao na pelete, solarni sustav s pločastim kolektorima te rashladnik vode (chiller).



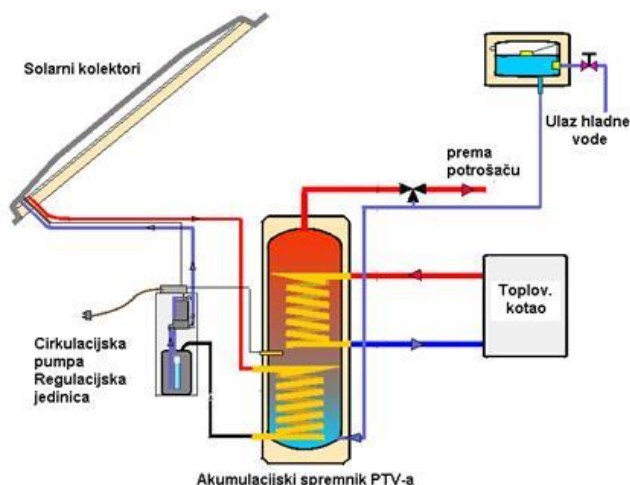
**Slika 1 Kotao na pelete, proizvod „Centrometal“**

Slika 1 prikazuje kotao na pelete proizvođača „Centrometal“ koji služi kao toplinski izvor za grijanje te za dogrijavanje potrošne tople vode. Posljednjih godina sve više sazrijeva spoznaja o dobrobiti korištenja biomase kao izvora energije. Drvna biomasa ima najširu i najrazvijeniju primjenu. Dobro izvedeni i osmišljeni šumski kompleksi predstavljaju održiv izvor energije, mogu se obnovljati te su CO<sub>2</sub> neutralni. Peleti su prešani drvni ostaci koji imaju nizak sadržaj vlage što znači da su energetske učinkoviti. Energetska vrijednost peleta je oko 18 MJ/kg što daje 5 kWh/kg [2].

**Tablica 2 Usporedba peleta sa konvencionalnim gorivima [2]**

2 kg peleta $\approx$ 1 lit ulja za loženje
1,85 kg peleta $\approx$ 1 m <sup>3</sup> zemnog plina
650 kg peleta zauzima 1 m <sup>3</sup> prostora
3 m <sup>3</sup> peleta $\approx$ 1000 lit ulja za loženje
Potrošnja peleta 1 kg/h $\approx$ 5 kW snage

Slika 2 prikazuje način zagrijavanja potrošne tople vode koristeći kombinaciju solarnog sustava i toplovodnog kotla. Solarni sustav služi za zagrijavanje potrošne tople vode ukoliko može isporučiti dovoljno topline. U danima kada je slabija insolacija, pomoćni sustav preko dodatnog toplinskog izvora dogrijava potrošnu toplu vodu.



**Slika 2 Zagrijavanje potrošne tople vode [3]**

Sustav za hlađenje bi se izveo pomoću rashladnika vode (chiller). Hlađenje bi se izvodilo preko stropnih ventilokonvektora kroz koje bi kao radni medij strujala voda standardnog temperaturnog režima 7/12 °C.



**Slika 3 Rashladnik vode, proizvod „Daikin“**

Rashladnik vode se povezuje izoliranim bakrenim cijevima sa ventilokonvektorima koji služe za hlađenje prostorija. Voda ulazi u rashladnik s temperaturom 12 °C te se hladi na način da

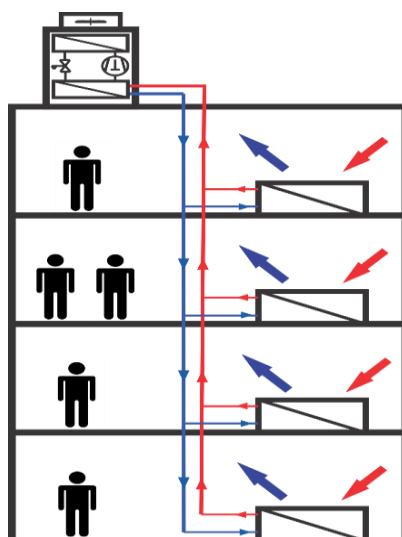


predaje toplinu radnoj tvari (freon R410A) na temperaturu od 7 °C (standardni režim 7/12°C). Ukoliko postoji opasnost od smrzavanja, vodi se dodaje propilen-glikol. Cijevi s hladnom vodom (glikolnom smjesom) obavezno se izoliraju s ciljem sprečavanja kondenzacije vlage iz okolišnjeg zraka.

Druga varijanta sustava koja je predložena za ugradnju na predmetnoj stambenoj zgradi je kombinacija sljedećih komponenti : dizalica topline zrak/voda i solarni sustav s pločastim kolektorima.

Voda se zagrijava ili hladi na kondenzatoru odnosno isparivaču dizalice topline. Toplina sa zrakom u prostoriji izmjenjuje pomoću ventilokonvektora.

Razvod vode je može biti u dvocijevnoj ili četverocijevnoj izvedbi. Razvod dvocijevnog sustava čine jedna polazna i jedna povratna cijev, pa je stoga u jednom trenutku moguće ili samo grijanje ili samo hlađenje. Pojednostavljeni prikaz dvocijevnog sustava dan je na Slika 4. Za razliku od njega, četverocijevni sustav čine polaz i povrat tople te polaz i povrat hladne vode, što omogućuje istovremeno grijanje jednog i hlađenje drugog dijela prostorija unutar zgrade. Jasno je da je takva izvedba sustava daleko fleksibilnija tijekom pogona, no zahtijeva veća investicijska ulaganja [4]. Sustavi s prirodnom cirkulacijom vode veoma su rijetki. Pumpe u sustavima s prisilnom cirkulacijom pogonjene su elektromotorom i uglavnom su centrifugalnog tipa [5].



Slika 4 Dvocijevni sustav vodenog hlađenja

Osnovna podjela dizalica topline vrši se prema načinu hlađenja kondenzatora, što se može izvesti zrakom ili vodom. Osim kompresijskih, dostupni su i apsorpcijski sustavi.

Regulacija učinka kod manjih sustava (s jednom zonom) ostvaruje se uključivanjem i isključivanjem dizalice topline, pri čemu se signal dobiva od sobnog termostata, a samim kapacitetom upravlja se ovisno o temperaturi polaza ili povrata vode [5]. Kao radne tvari u krugu dizalice vode koriste se R134a, R407C i R410A.

Treća varijanta sustava koja je predložena za ugradnju na predmetnoj stambenoj zgradi je kombinacija sljedećih komponenti : VRF (Variable Refrigerant Flow) i solarni sustav s pločastim kolektorima.

Sustavi s promjenjivim protokom radne tvari (eng. VRF – *variable refrigerant flow*) višedijelni su razdvojeni GViK sustavi s direktnim isparavanjem radne tvari čiji rad je baziran na ljevokretnom Rankinevom ciklusu [5]. Osnovna im je značajka da se na jednu vanjsku može povezati veći broj unutarnjih jedinica (do otprilike 60), pri čemu duljina cjevovoda između vanjske i najudaljenije unutarnje jedinice može biti i do 900 m, uz 110 m visinske razlike.

Prema ASHRAE-u (2012) VRF sustavi mogu biti izvedeni:

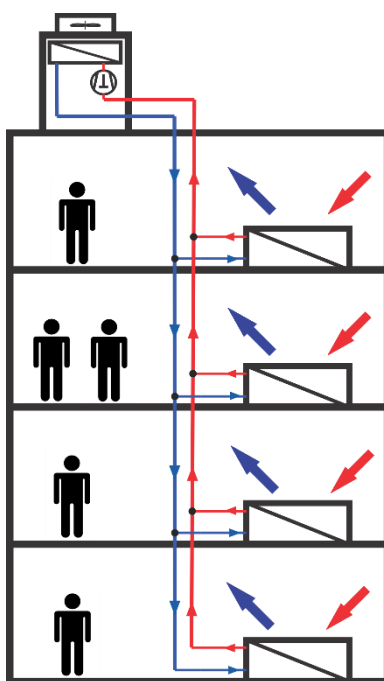
- samo za hlađenje,
- kao dizalice topline – omogućavaju grijanje ili hlađenje,
- kao sustavi s povratom topline – omogućavaju istovremeno grijanje i hlađenje,

Sustav je veoma fleksibilan u pogledu ugradnje jer je moguća kombinacija više različitih unutarnjih jedinica (zidne, stropne, parapetne, kazetne, kanalne) na jednu ili više vanjskih jedinica. Kondenzator može biti hlađen vodom ili zrakom. Proširivanje sustava ili njegova rekonfiguracija (npr. zbog prenamijene prostora potrebna je unutarnja jedinica drugačijeg kapaciteta) relativno se lako izvodi [5].

Radna tvar nositelj je ogrjevnog odnosno rashladnog učinka – kondenzacijom ili isparavanjem izmjenjuje toplinu sa zrakom u prostoriji. Radne tvari koje se koriste u VRF sustavima su R134a, R407C i R410A. Radna tvar R410A trenutno je najčešće u uporabi.

Temperatura u zoni regulira se preko termostata. U režimu hlađenja promjenom uvjeta u zoni unutarnja jedinica reagira preko elektronskog ekspanzijskog ventila koji osigurava traženo pregrijanje radne tvari ili traženu temperaturu isparavanja, a frekventno regulirani kompresori

prema tome prilagođavaju protok radne tvari. U režimu grijanja elektronski ekspanzijski ventil vanjske jedinice osigurava traženo pregrijanje, a kompresor(i) prema tome prilagođavaju protok radne tvari. Kada sustav radi s povratom topline toplina koja je radnoj tvari predana u zoni koja zahtijeva hlađenje predaje se od radne tvari zraku u zoni koja zahtijeva grijanje, a vanjska jedinica pri tome radi u režimu grijanja ili hlađenja ovisno o tome je li potreban veći kapacitet za grijanje ili hlađenje. Sustavi povrata topline postoje u dvocijevnoj ili trocijevnoj izvedbi [5]. Radom unutarnjih jedinica može se upravljati iz same prostorije ili preko centralnog upravljačkog sustava. Princip rada VRF sustava sa zrakom hlađenim kondenzatorom i parapetnim unutarnjim jedinicama prikazan je na Slika 5.



**Slika 5 Princip rada VRF sustava u režimu hlađenja**

Zbog toga što se konstantno prilagođava potrebama energije za grijanje ili hlađenje i radi s relativno visokim vrijednostima faktora grijanja i hlađenja te ima jedan izmjenjivač topline manje u sustavu, od VRF sustava mogu se očekivati primjetne na pogonskim troškovima u odnosu na vodene sustave.

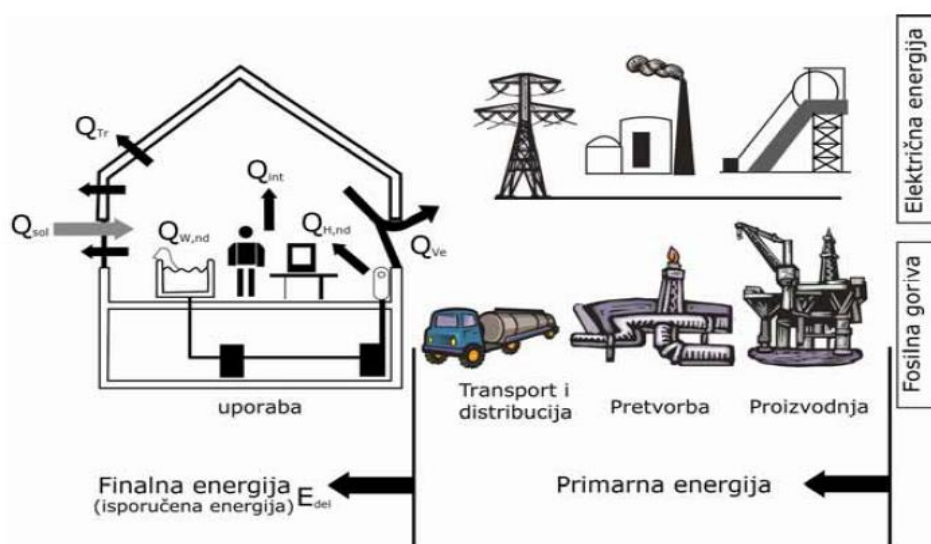
## 2. ELABORAT ALTERNATIVNIH SUSTAVA OPSKRBE ENERGIJOM

Prema važećem Zakonu o gradnji (NN 153/13) projektant mora prije izrade glavnog projekta priložiti elaborat o alternativnim sustavima te ga predati investitoru. Izrada elaborata o alternativnim sustavima nije potrebna ukoliko je [6] :

- projektom određeno da se ugrađuje jedan od alternativnih sustava
- godišnja potreba za toplinskom energijom manja od  $25 \text{ kWh/m}^2 (Q_{h,nd})$ .
- 70% potreba za toplinskom energijom za grijanje podmiruje iz obnovljivih izvora energije
- više od polovine toplinskih gubitaka nadoknađuje unutarnjim izvorima topline iz tehnološkog procesa.

Analiza korištenja alternativnih izvora energije mora se izraditi preko satnih ili mjesečnih potreba za energijom karakteristične godine te za svaku analiziranu varijantu prikazati potrebnu primarnu energiju, emisiju  $\text{CO}_2$  i prikazati ekonomsku analizu [6].

Slika 6 prikazuje osnovni energetske tok te pretvorbu od primarne energije do finalne (isporučene energije) promatranoj zgradi [6].

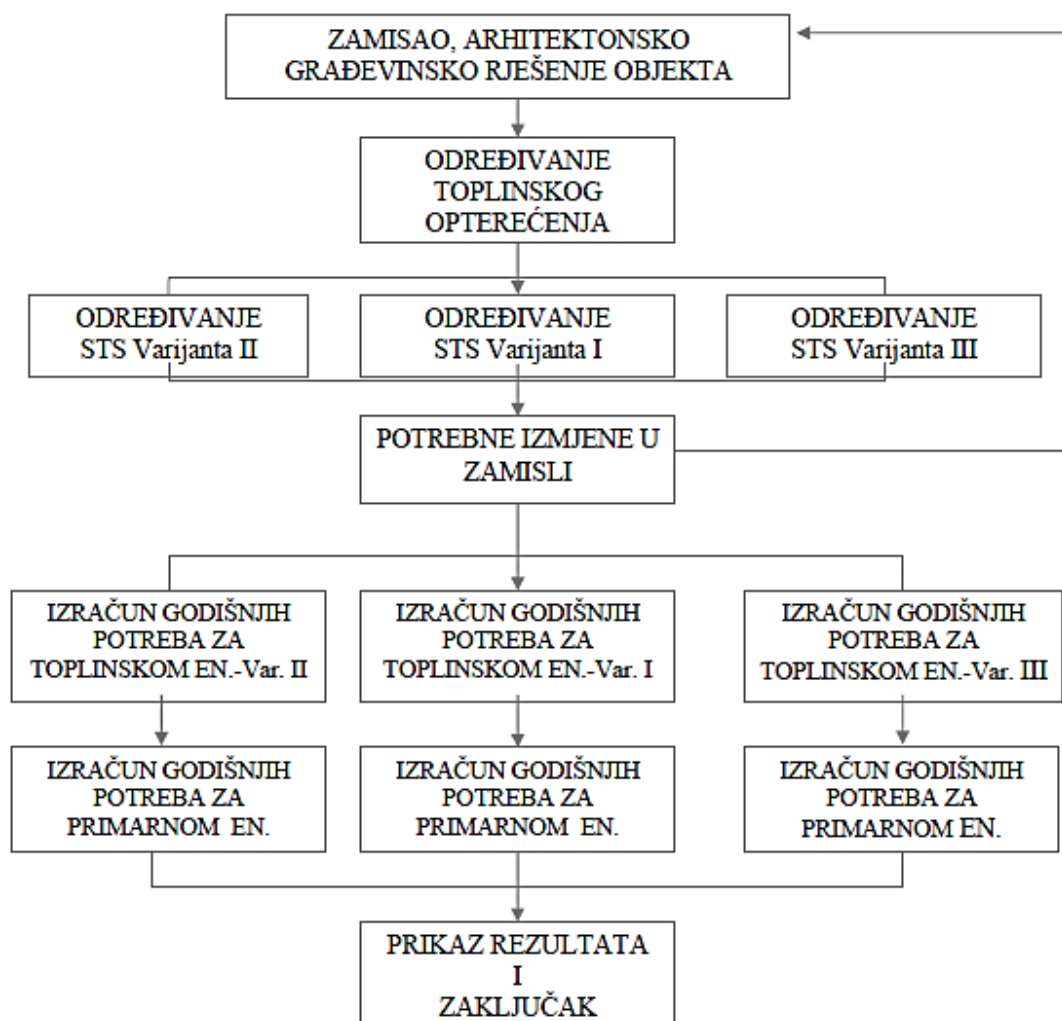


Slika 6 Isporučena i primarna energija promatrane zgrade

**Godišnja isporučena energija  $E_{del}$  (kWh/a)** predstavlja energiju koja se dovodi tehničkim sustavima zgrade tijekom jedne godine za pokrivanje energetske potrebe za grijanje, hlađenje, ventilaciju, zagrijavanje potrošne tople vode, rasvjetu, svih gubitaka sustava te pomoćnu energiju sustava [6].

**Godišnja primarna energija  $E_{prim}$  (kWh/a)** predstavlja računski određenu količinu energije za potrebe zgrade tijekom jedne godine koja nije podvrgnuta nijednom obliku pretvorbe [6].

Slika 7 prikazuje tok (hodogram) proračuna o alternativnim sustavima opskrbe energijom. Nakon izrade arhitektonske i građevinske podloge promatrane zgrade, potrebno je odrediti toplinsko opterećenje zgrade [6].



Slika 7 Hodogram izrade elaborata o alternativnim izvorima energije [6]

Za izradu Elaborata napravljen je katalog tipskih rješenja primjene alternativnih sustava energije. Katalog tipskih rješenja omogućuje projektantu brzo i jednostavno određivanje svih relevantnih veličina koje opisuju energetska svojstva zgrade u ovisnosti o klimi (kontinentalna, primorska), tipu zgrade, vrsti primijenjenog alternativnog sustava i o ploštini korisne površine zgrade u rasponu 50-3000 m<sup>2</sup> [6].

Katalog sadrži dijagramske i tablične prikaze navedenih veličina za slijedeće tipove zgrada definiranih u EPBD :

- Obiteljske kuće
- Višestambene zgrade
- Uredske zgrade
- Zgrade obrazovnih institucija
- Hoteli i restorani
- Zgrade veleprodaje i maloprodaje
- Zgrade bolnica
- Zgrade sportskih dvorana

te za slijedeće vrste alternativnih sustava za grijanje prostora, pripremu potrošne tople vode i proizvodnju električne energije:

- toplovodne kotlove na biomasu (pelete)
- solarne toplovodne sustave
- fotonaponske sustave
- dizalice topline
- kogeneraciju
- daljinsko grijanje

## 2.1. PONUĐENE VARIJANTE SUSTAVA

U sklopu ovog diplomskog rada, ponuđene su sljedeće varijante sustava :

Prva varijanta sustava koja se ponudila kao rješenje na predmetnoj stambenoj zgradi je kombinacija sljedećih komponenti :

- Kotao na pelete koji služi za zagrijavanje prostorija uz dogrijavanje potrošne tople vode (PTV) ukoliko solarni pločasti kolektori nisu u mogućnosti isporučiti dovoljno toplinske energije.
- Solarni pločasti kolektori koji služi za zagrijavanje potrošne tople vode (PTV)
- Rashladnik vode koji se koristi u sezoni hlađenja za hlađenje prostorija.

Druga varijanta sustava koja se ponudila kao rješenje na predmetnoj stambenoj zgradi je kombinacija sljedećih komponenti :

- Dizalica topline zrak/voda za zagrijavanje i hlađenje prostorija uz dodatni izmjenjivač topline freon/voda za dogrijavanje potrošne tople vode (PTV) ukoliko solarni pločasti kolektori nisu u mogućnosti isporučiti dovoljno toplinske energije,.
- Solarni pločasti kolektori koji služe za zagrijavanje potrošne tople vode (PTV)

Treća varijanta sustava koja se ponudila kao rješenje na predmetnoj stambenoj zgradi je kombinacija sljedećih komponenti :

- VRF (eng. Variable Refrigerant Flow) sustav za zagrijavanje i hlađenje prostorija uz dodatni izmjenjivač topline freon/voda za dogrijavanje potrošne tople vode (PTV) ukoliko solarni pločasti kolektori nisu u mogućnosti isporučiti dovoljno toplinske energije
- Solarni pločasti kolektori koji služe za zagrijavanje potrošne tople vode (PTV)

### 3. PODACI O STAMBENOJ ZGRADI

Tablica 3 prikazuje podatke o stambenoj zgradi (lokacija, broj etaža, kvadratura).

**Tablica 3 Podaci o stambenoj zgradi**

<b>Lokacija</b>	Otok Rab
<b>Namjena</b>	Stambena zgrada
<b>Broj etaža</b>	4
<b>Podrum (m<sup>2</sup>)</b>	165,6
<b>Prizemlje (m<sup>2</sup>)</b>	346,84
<b>Kat 1 (m<sup>2</sup>)</b>	132,77
<b>Kat 2 (m<sup>2</sup>)</b>	55,12
<b>Neto površina (m<sup>2</sup>)</b>	700
<b>Bruto površina (m<sup>2</sup>)</b>	950

Stambena zgrada sastoji se od četiri osnovne cjeline :

1. Na drugom katu nalaze se smještajne cjeline (sobe, kupaonice)
2. Na prvom katu nalaze se smještajne cjeline (sobe, kupaonice)
3. U prizemlju se nalazi kuhinja, blagovaonica, boravak, sala za sastanke, konoba, pomoćne prostorije i ured.
4. U podrumskom dijelu zgrade nalaze se garaže, strojarnica, apartman i pomoćne prostorije



**Slika 8 Zapadno pročelje stambene zgrade**



## 4. METODOLOGIJA PRORAČUNA

Jedan od bitnih zahtjeva Direktiva EPBD I i II je uspostava metodologije proračuna energetske učinkovitosti zgrada, što prvenstveno podrazumijeva proračun isporučene i primarne energije u tehničke sustave zgrada. Ta je metodologija u zakonodavstvo R. Hrvatske implementirana putem Algoritma za izračun energetskih svojstava zgrade koji je dio Metodologije za provođenje energetskih pregleda zgrada. Algoritam se temelji na proračunskim postupcima danim u HRN EN normama te omogućuje provedbu proračuna potrebne toplinske energije zgrade te isporučene i primarne energije u sustave grijanja, pripreme PTV-a, hlađenja, ventilacije, klimatizacije i rasvjete [1]:

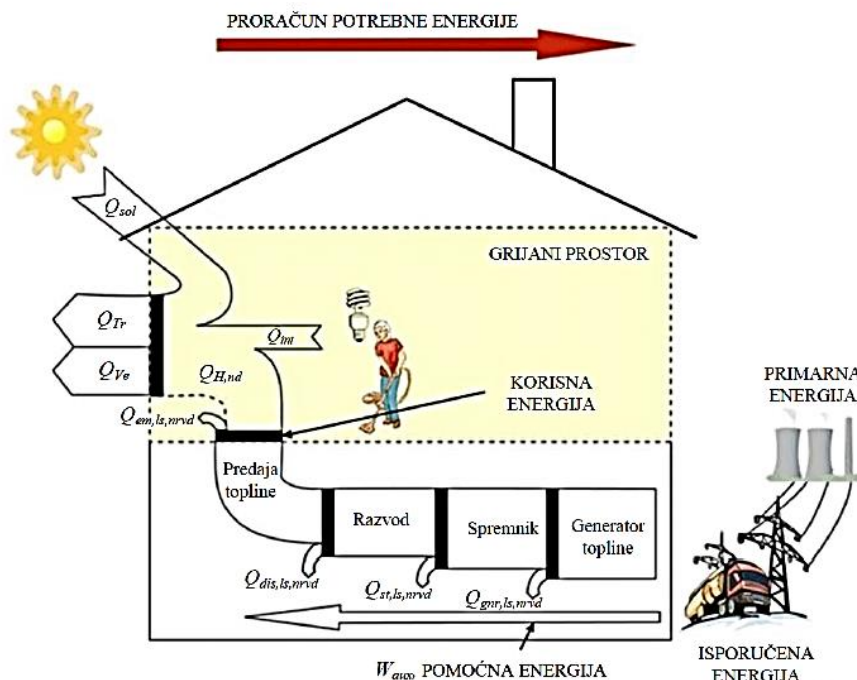
Algoritam se sastoji iz sljedećih dijelova :

1. Algoritam za izračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora prema HRN EN ISO 13790.
2. Algoritam za određivanje energetskih zahtjeva i učinkovitost termotehničkih sustava u zgradama (sustavi grijanja prostora i pripreme potrošne tople vode).
3. Algoritam za određivanje energetskih zahtjeva i učinkovitost termotehničkih sustava u zgradama (sustavi kogeneracije, sustavi daljinskog grijanja, fotonaponski sustavi).
4. Algoritam za proračun potrebne energije za primjenu ventilacijskih i klimatizacijskih sustava kod grijanja i hlađenja prostora zgrade.
5. Algoritam za određivanje energetske učinkovitosti sustava rasvjete u zgradama (energetski zahtjevi za rasvjetu).

Metodologija proračuna se temelji na određivanju energetskih tokova u zgradi i to onih kroz ovojnicu zgrade i u termotehničkom sustavu, sve kako bi se izračunala isporučena i primarna energije zgrade za zadanu potrebnu (korisnu) toplinsku energiju koju je potrebno isporučiti zgradi kao što prikazuje Slika 9 [6].

Metoda proračuna energetskega tokova u termotehničkom sustavu se temelji na određivanju toplinskih gubitaka i energije za pogon pomoćnih uređaja u podsustavima na koje se dijeli termotehnički sustav [1] :

- podsustav predaje toplinske energije u prostor (ogrjevnja tijela)
- podsustav razvoda ogrjevnog medija i potrošne tople vode
- podsustav proizvodnje toplinske energije, uključujući spremnik i cjevovode primarne cirkulacije do generatora topline



Slika 9 Energetski tokovi kroz ovojnicu zgrade [6]

$Q_{H,nd}$  – potrebna toplinska energija za grijanje prostora (kWh);

$Q_{Tr}$  – transmisijski toplinski gubici (kWh);

$Q_{Ve}$  – ventilacijski toplinski gubici (kWh);

$Q_{sol}$  – toplinski dobici od sunčevog zračenja (kWh);

$Q_{int}$  – toplinski dobici od unutrašnjih izvora (ljudi, uređaja, rasvjete) (kWh);

$Q_{em,ls,nrvd}$  – neiskorišteni toplinski gubici podsustava predaje toplinske energije u prostor (kWh)

$Q_{dis,ls,nrvd}$  – neiskorišteni toplinski gubici podsustava razvoda (kWh);

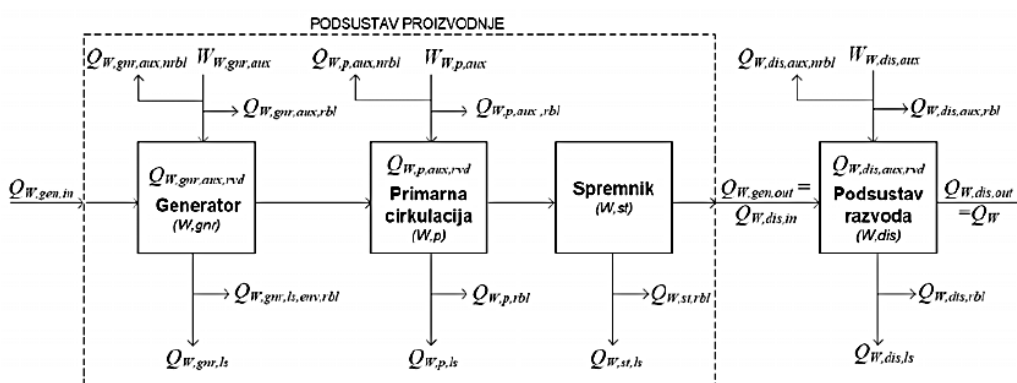
$Q_{st,ls,nrvd}$  – neiskorišteni toplinski gubici spremnika (kWh);

$Q_{gnr,ls,nrvd}$  – neiskorišteni toplinski gubici generatora topline (kWh);

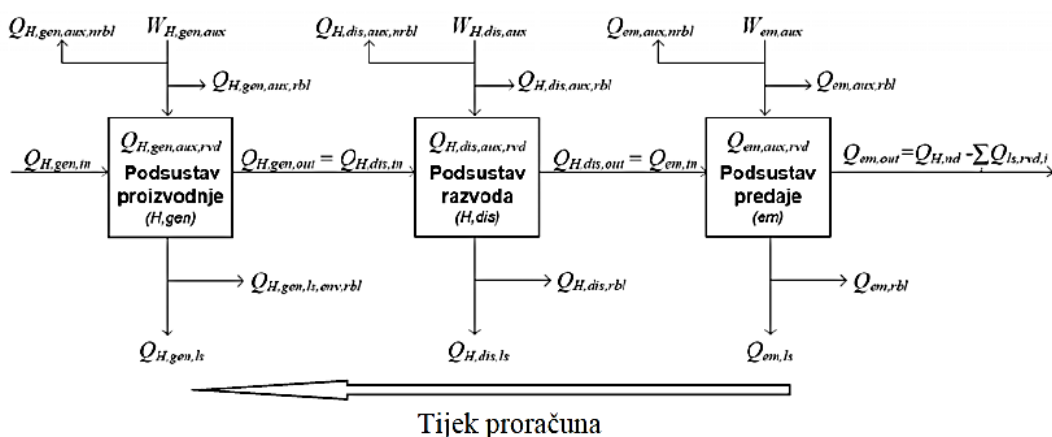
$W_{aux}$  – pomoćna električna energija za pogon pomoćnih uređaja (kWh).

Podjela termotehničkog sustava grijanja i pripreme potrošne tople vode (PTV) na podsustave s prikazom energetskih tokova i pomoćne energije prikazana je na Slika 10.

#### PRIPREMA PTV-a



#### GRIJANJE



Slika 10 Shematski prikaz tijeka proračuna sa ulaznim i izlaznim veličinama proračuna [6]

Važno je istaknuti da tijek proračuna ide suprotnim smjerom od toka energije u sustavu.

#### 4.1. Proračun toplinskih gubitaka prema HRN EN 12831

Proračun toplinskih gubitaka prostorije prema normi HRN EN 12831 napravljen je u programskom alatu „IntegraCad“. Izračunati toplinski gubici nam služe za dimenzioniranje opreme [7] .

#### PROJEKTNİ TOPLINSKI GUBICI PROSTORIJE

$$\Phi_i = \Phi_{Ti} + \Phi_{Vi} \quad [\text{W}]$$

$\Phi_{Ti}$  - projektni transmisijski gubici topline prostorije [W]

$\Phi_{Vi}$  - projektni ventilacijski gubici topline prostorije [W]

#### PROJEKTNİ TRANSMISIJSKI GUBICI

$$\Phi_{Ti} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) (\theta_{i_{nt,i}} - \theta_e) \quad [\text{W}]$$

$H_{T,ie}$  – koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu [W/K]

$H_{T,iue}$  – koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu [W/K]

$H_{T,ig}$  – stacionarni koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema tlu [W/K]

$H_{T,ij}$  – koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature [W/K]

$\theta_{i_{nt,i}}$  – unutarnja projektna temperatura grijanog prostora [°C]

$\theta_e$  – vanjska projektna temperatura [°C]

#### VENTILACIJSKI TOPLINSKI GUBICI

$$\Phi_{Vi} = H_{v,i} (\theta_{i_{nt,i}} - \theta_e) \quad [\text{W}]$$

$H_{v,i}$  – koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka [W/K]

$\theta_{i_{nt,i}}$  – unutarnja projektna temperatura grijanog prostora [°C]

$\theta_e$  – vanjska projektna temperatura [°C]

## TOPLINSKO OPTEREĆENJE

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad [\text{W}]$$

$\Phi_{T,i}$  - transmisijski gubici topline prostorije [W]

$\Phi_{V,i}$  - ventilacijski gubici topline prostorije [W]

$\Phi_{RH,i}$  - toplina za zagrijavanje zbog prekida grijanja [W]

Tablica 4 prikazuje toplinsku bilancu za sve prostorije u stambenoj zgradi. Iz tablice se mogu vidjeti izračunati toplinski gubici transmisijom i ventilacijom te ukupni toplinski gubici.

**Tablica 4 Toplinska bilanca prema HRN EN 12831**

Po	Podrum					
P	Prostorija	A (m <sup>2</sup> )	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)
P1	Stepenište	22	10	272	0	272
P2	Hodnik	6	15	452	394	58
P3	Praonica	9	20	564	463	101
P4	Kupaona	3	24	362	211	151
P5	Apartman	29	20	1396	1068	328
P6	Tehnika	25	10	321	0	321
	<b>Ukupno: Podrum</b>			<b>3367</b>	<b>2136</b>	<b>1231</b>
Pr	Prizemlje					
P	Prostorija	A (m <sup>2</sup> )	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)
P1	Ulaz	27	20	879	582	297
P2	Salon	65	20	5441	3721	720
P3	Blagovaona	32	20	1739	1380	359
P4	Teretana (trim)	47	20	1834	1219	515
P5	Garderoba	9	20	410	304	106
P6	Predsoblje	8	15	76	0	76
P7	Ured	20	20	631	172	459
P8	Kupaona	4	24	488	312	176
P9	Kuhinja	43	20	1863	440	1423
P10	WC	2	20	209	133	76
P11	Vinoteka	6	20	196	123	73
P12	Konoba	48	20	4702	4169	533
P13	Spremište	13	20	1583	1438	145
	<b>Ukupno: Prizemlje</b>			<b>20951</b>	<b>13993</b>	<b>4958</b>

<b>K1</b>	<b>1. kat</b>					
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>tu (°C)</b>	<b>Qn (W)</b>	<b>PhiT (W)</b>	<b>PhiV (W)</b>
P1	Stepenište	13	10	718	557	161
P2	Soba	17	20	2601	2406	195
P4	Kupaona	3	24	724	608	116
P5	Soba	16	20	1779	1595	184
P6	Kupaona	6	24	868	612	256
P7	Soba	21	20	2263	2023	240
P8	Kupaona	6	24	882	626	256
	<b>Ukupno: 1. kat</b>			<b>9835</b>	<b>8427</b>	<b>1408</b>
<b>K2</b>	<b>2. kat</b>					
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>tu (°C)</b>	<b>Qn (W)</b>	<b>PhiT (W)</b>	<b>PhiV (W)</b>
P1	Stepenište	10	10	526	402	124
P2	Predsooblje	6	15	590	538	52
P3	Soba	18	20	3099	2894	205
P4	Garderoba	14	20	1892	1737	155
P5	Kupaona	13	24	2515	2004	511
	<b>Ukupno: 2. kat</b>			<b>8622</b>	<b>7575</b>	<b>1047</b>
	<b>Ukupno:</b>			<b>42775</b>	<b>32131</b>	<b>8644</b>

Ukupni toplinski gubici stambene zgrade iznose 42,8 kW što iznosi 61,14 W/m<sup>2</sup>. Iz Tablica 4 može se vidjeti da prevladavaju toplinski gubici transmisijom. Razlog tome leži u veoma lošim karakteristikama vanjske ovojnice (zidova). Vanjski zidovi imaju koeficijent prolaza topline u iznosu od 2,79 W/m<sup>2</sup>K.

#### 4.2. Proračun toplinskih dobitaka prema VDI 2078

Proračun toplinskih dobitaka izrađen je prema normi VDI 2078. Na temelju dobivenih rezultata se dimenzionira oprema. Izvori topline u prostorijama mogu biti unutarnji (ljudi, oprema i rasvjeta) i vanjski (dobitak topline kroz zidove i staklene plohe transmisijom i zračenjem). Proračun toplinskih dobitaka prostorije prema normi VDI 2078 napravljen je u programskom alatu „IntegraCad“ [7].

#### UNUTRAŠNJI IZVORI TOPLINE $Q_I$

$$Q_I = Q_P + Q_M + Q_E + Q_R \quad [\text{W}]$$

$Q_P$  – toplina koju odaju ljudi, [W]

$Q_M$  – toplina koju odaju različiti električni uređaji, [W]

$Q_E$  – dobitak topline od rasvjete, [W]

$Q_R$  – dobitak topline od susjednih prostorija, [W]

## VANJSKI IZVORI TOPLINE $Q_A$

$$Q_A = Q_W + Q_F = Q_W + (Q_T + Q_S) \quad [\text{W}]$$

$Q_W$  – dobitak topline transmisijom kroz zidove, [W]

$Q_F$  – dobitak topline kroz staklene površine-prozore, [W]

$Q_T$  – dobitak topline kroz staklene površine-prozore transmisijom, [W]

$Q_S$  – dobitak topline kroz staklene površine-prozore zračenjem, [W]

## VENTILACIJA $Q_h$

$$Q_h = \frac{V_z}{3,6} \rho_z (h_e - h_{int,ulaz}) \quad [\text{W}]$$

$Q_h$  – rashladni učin hladnjaka, [W]

$V_z$  – potrebni volumni protok zraka, [m<sup>3</sup>/h]

$\rho_z$  – gustoća zraka, [kg/m<sup>3</sup>]  $\rho_z \cong 1.2 \text{ kg/m}^3$

$h_e$  – entalpija vanjskog zraka, [kJ/kg]

$h_{int,ulaz}$  – entalpija zraka ubačenog u prostoriju, [kJ/kg]

Tablica 5 prikazuje bilancu hlađenja u sezoni hlađenja za promatranu stambenu zgradu.

**Tablica 5 Bilanca hlađenja prema VDI 2078**

Bilanca hlađenja					
Po	Podrum				
P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)
P1	Stepenište	0		0	0
P2	Hodnik	0		0	0
P3	Praonica	0		0	0
P4	Kupaona	0		0	0

P5	Apartman	1631		0	1631
P6	Tehnika	0		0	0
	<b>Ukupno: Podrum</b>	<b>1631</b>		<b>0</b>	<b>1631</b>
<b>Pr</b>	<b>Prizemlje</b>				
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	<b>Qn (W)</b>	<b>Datum</b>	<b>Qinst (W)</b>	<b>Qost (W)</b>
P1	Ulaz	1062		0	1062
P2	Salon	9009		0	9009
P3	Blagovaona	1061		0	1061
P4	Teretana (trim)	9661		0	9661
P5	Garderoba	0		0	0
P6	Predsoblje	0		0	0
P7	Ured	997		0	997
P8	Kupaona	0		0	0
P9	Kuhinja	4094		0	4094
P10	WC	0		0	0
P11	Vinoteka	0		0	0
P12	Konoba	3150		0	3150
P13	Spremište	0		0	0
	<b>Ukupno: Prizemlje</b>	<b>29034</b>		<b>0</b>	<b>29034</b>
<b>K1</b>	<b>1. kat</b>				
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	<b>Qn (W)</b>	<b>Datum</b>	<b>Qinst (W)</b>	<b>Qost (W)</b>
P1	Stepenište	225		0	225
P2	Soba	1056		0	1056
P4	Kupaona	0		0	0
P5	Soba	3128		0	3128
P6	Kupaona	0		0	0
P7	Soba	1214		0	1214
P8	Kupaona	0		0	0
	<b>Ukupno: 1. kat</b>	<b>5623</b>		<b>0</b>	<b>5623</b>
<b>K2</b>	<b>2. kat</b>				
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	<b>Qn (W)</b>	<b>Datum</b>	<b>Qinst (W)</b>	<b>Qost (W)</b>
P1	Stepenište	274		0	274
P2	Predsoblje	0		0	0
P3	Soba	3112		0	3112
P4	Garderoba	0		0	0
P5	Kupaona	0		0	0
	<b>Ukupno: 2. kat</b>	<b>3386</b>		<b>0</b>	<b>3386</b>
	<b>Ukupno:</b>	<b>39674</b>		<b>0</b>	<b>39674</b>



Ukupno dobiveni toplinski dobici iznose 39,7 kW što daje 56,7 W/m<sup>2</sup>. Stambena zgrada spada u građevine masivne konstrukcije te zbog toga dolazi do porasta potrebne rashladne energije. Također, zgrada ima veliku površinu prozirnih elemenata (okrenutih prema zapadnoj strani svijeta) preko koji ulazi velika količina sunčeve topline u prostorije.

#### 4.3. HRN EN ISO 13790 – Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade

Proračun potrebne toplinske i rashladne energije koje je potrebno dovesti sustavu grijanja i hlađenja stambene zgrade izračunat je prema HRN EN ISO 13790. Proračun je izveden po mjesečnoj metodi [8].

##### GODIŠNJA POTREBNA ENERGIJA ZA GRIJANJE $Q_{H,nd}$

- računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba tijekom jedne godine dovesti u zgradu za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja zgrade [8].

Potrebna toplinska energija za grijanje:

$$Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn} \quad [\text{kWh}]$$

$Q_{H,nd,cont}$  - potrebna toplinska energija za grijanje pri kontinuiranom radu (kWh);

$Q_{H,ht}$  - ukupno izmjenjena toplinska energija u periodu grijanja (kWh);

$Q_{H,gn}$  - ukupni toplinski dobici zgrade u periodu grijanja (ljudi, uređaji, rasvjeta i sunčevo zračenje) (kWh);

$\eta_{H,gn}$  - faktor iskorištenja toplinskih dobitaka (-).

##### IZMJENJENA TOPLINSKA ENERGIJA TRANSMISIJOM I VENTILACIJOM :

$$Q_{Tr} = \frac{H_{Tr}}{1000} (\vartheta_{int,H} - \vartheta_e) t \quad [\text{kWh}]$$

$$Q_{Ve} = \frac{H_{Ve}}{1000} (\vartheta_{int,H} - \vartheta_e) t \quad [\text{kWh}]$$

$H_{Tr}$  – koeficijent transmisije izmjene topline proračunske zone (W/K);

$H_{Ve}$  – koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone (W/K);

$\vartheta_{int,H}$  – unutarnja postavna temperatura grijane zone (°C);

$\vartheta_{e,m}$  – srednja vanjska temperatura za proračunski period (sat ili mjesec) (°C);

$t$  – trajanje proračunskog razdoblja (h) – (mesečna metoda  $t$  = ukupan broj sati u mjesecu)

## IZMJENJENA TOPLINSKA ENERGIJA TRANSMISIJOM

$$H_{Tr} = H_D + H_U + H_A + H_{g,m} \quad [\text{W/K}]$$

$H_D$  – koeficijent transmisije izmjene topline prema vanjskom okolišu (W/K);

$H_U$  – koeficijent transmisije izmjene topline kroz negrijani/nehlađeni prostor prema vanjskom okolišu (W/K);

$H_A$  – koeficijent transmisije izmjene topline prema susjednoj zgradi (W/K);

$H_{g,m}$  – koeficijent transmisije izmjene topline prema tlu za proračunski mjesec (W/K).

## IZMJENJENA TOPLINSKA ENERGIJA VENTILACIJOM

Period grijanja

$$Q_{Ve} = Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win} + Q_{H, Ve, mech} \quad [\text{kWh}]$$

Period hlađenja

$$Q_{Ve} = Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win} + Q_{C, Ve, mech} \quad [\text{kWh}]$$

Period grijanja

$$Q_{Ve} = \frac{H_{H, Ve} (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e)}{1000} t \quad [\text{kWh}]$$

Period hlađenja

$$Q_{Ve} = \frac{H_{C, Ve} (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e)}{1000} t \quad [\text{kWh}]$$

pri čemu je koeficijent ventilacijske izmjene topline:

Period grijanja

$$H_{Ve} = H_{Ve,inf} + H_{Ve,win} + H_{H,Ve,mech} \quad [\text{W/K}]$$

Period hlađenja

$$H_{Ve} = H_{Ve,inf} + H_{Ve,win} + H_{C,Ve,mech} \quad [\text{W/K}]$$

$Q_{Ve,inf}$  – potrebna toplinska energija uslijed infiltracije vanjskog zraka (kWh);

$Q_{Ve,win}$  – potrebna toplinska energija uslijed pozračivanja otvaranjem prozora (kWh);

$Q_{H,Ve,mech}$  – potrebna toplinska energija u GViK sustavu kod zagrijavanja zraka (kWh).

$Q_{C,Ve,mech}$  – potrebna toplinska energija u GViK sustavu kod hlađenja zraka (kWh).

$H_{Ve,win}$  - koeficijent ventilacijske izmjene topline uslijed otvaranja prozora (W/K);

$H_{H,Ve,mech}$  - koeficijent ventilacijske izmjene topline uslijed mehaničke ventilacije/klimatizacije kod zagrijavanja zraka (W/K);

$H_{C,Ve,mech}$  - koeficijent ventilacijske izmjene topline uslijed mehaničke ventilacije/klimatizacije kod hlađenja zraka (W/K);

$t$  – proračunsko vrijeme (h).

**UKUPNI TOPLINSKI DOBICI ZA PROMATRANI PERIOD :**

$$Q_{H,gn} = Q_{int} + Q_{sol} \quad [\text{kWh}]$$

**Unutarnji toplinski dobiti**  $Q_{int}$  od ljudi i uređaja računaju se s vrijednošću 5 W/m<sup>2</sup> ploštine korisne površine za stambene prostore, a 6 W/m<sup>2</sup> za nestambene prostore [8].

$$Q_{int} = \frac{q_{spec} A_K \cdot t}{1000} \quad [\text{kWh}]$$

gdje su:

$q_{spec}$  – specifični unutarnji dobitak po m<sup>2</sup> korisne površine, 5 W/m<sup>2</sup> ili 6 W/m<sup>2</sup>;

$A_K$  – korisna površina (m<sup>2</sup>);

$t$  - proračunsko vrijeme (h)

**Solarni toplinski dobici za promatrani vremenski period  $t$  (h):**

$$Q_{sol} = \sum_k Q_{sol,k} + \sum_l (1 - b_{tr,l}) Q_{sol,u,l} \quad [\text{kWh}]$$

gdje su:

$Q_{sol,k}$  – srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz  $k$ -ti građevni dio u grijani prostor (kWh);

$Q_{sol,u,l}$  – srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz  $l$ -ti građevni dio u susjedni negrijani prostor (kWh);

$b_{tr,l}$  – faktor smanjenja za susjedni negrijani prostor s unutarnjim toplinskim izvorom  $l$  prema

Provedenim proračunom potrebne toplinske energije za grijanje provedenom prema HRN EN ISO 13790 dobivene su sljedeće vrijednosti prikazane u Tablica 6.

**Tablica 6 Potrebna toplinska energija za grijanje prema algoritmu HRN EN 13790**

MJESEC	
	$Q_{H,nd,a}$ (kWh)
<b>siječanj</b>	14876
<b>veljača</b>	11356
<b>ožujak</b>	8326
<b>travanj</b>	2958
<b>svibanj</b>	0
<b>lipanj</b>	0
<b>srpanj</b>	0
<b>kolovoz</b>	0
<b>rujan</b>	0
<b>listopad</b>	1020
<b>studen</b>	7325
<b>prosinac</b>	13274
<b>UKUPNO</b>	<b>59134</b>

Ukupna potrebna toplinska energija iznosi 59.134,00 kWh godišnje, što daje vrijednost od 84,48 kWh/m<sup>2</sup>.

## GODIŠNJA POTREBNA TOPLINSKA ENERGIJA ZA HLAĐENJE $Q_{C,nd}$

Potrebna toplinska energija za hlađenje proračunske zone [8] :

$$Q_{C,nd} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} Q_{C,ht} \quad [\text{kWh}]$$

$Q_{C,nd}$  - potrebna toplinska energija za hlađenje (kWh);

$Q_{C,gn}$  - ukupni toplinski dobici zgrade u periodu hlađenja: ljudi, rasvjeta, uređaji, solarni dobici (kWh);

$Q_{C,ht}$  - ukupno izmjenjena toplinska energija u periodu hlađenja (kWh);

$\eta_{C,ls}$  – faktor iskorištenja toplinskih gubitaka kod hlađenja (-).

$$Q_{C,nd} = Q_{int} + Q_{sol} - \eta_{C,ls} (Q_{Tr} + Q_{Ve}) \quad [\text{kWh}]$$

$Q_{int}$  – unutarnji toplinski dobici zgrade: ljudi, rasvjeta i uređaji (kWh);

$Q_{sol}$  – toplinski dobici od Sunčeva zračenja (kWh);

$Q_{Tr}$  – izmjenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu (kWh);

$Q_{Ve}$  – potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu (kWh).

## UKUPNI TOPLINSKI DOBICI TOPLINE ZA PROMATRANI PERIOD :

$$Q_{C,gn} = Q_{int} + Q_{sol} \quad [\text{kWh}]$$

Unutarnji toplinski dobici i toplinski dobici od sunčeva zračenja izračunavaju se na isti način kao kod proračuna godišnje potrebne toplinske energije za grijanje vodeći računa o vrijednosti unutarnje postavne temeprature koja se u ovom slučaju uzima za period hlađenja. [5]

## IZMJENJENA TOPLINSKA ENERGIJA TRANSMISIJOM I VENTILACIJOM :

$$Q_{Tr} = \frac{H_{Tr}}{1000} (\vartheta_{int,C} - \vartheta_e) t \quad [\text{kWh}]$$

$$Q_{Ve} = \frac{H_{Ve}}{1000} (\vartheta_{int,C} - \vartheta_e) t \quad [\text{kWh}]$$

$H_{Tr}$  – koeficijent transmisije izmjene topline proračunske zone (W/K);

$H_{Ve}$  – koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone (W/K), Jedn. (1.53);

$\vartheta_{int,C}$  – unutarnja proračunska temperatura hladene zone (°C);

$\vartheta_e$  – srednja vanjska temperatura za proračunski period (°C);

$t$  – trajanje proračunskog razdoblja (h),

Provedenim proračunom potrebne rashladne energije za hlađenje provedenom prema HRN EN ISO 13790 dobivene su sljedeće vrijednosti prikazane u Tablica 7.

**Tablica 7 Potrebna energija za hlađenje prema algoritmu HRN EN 13790**

MJESEC	
	$Q_{c,nd,a}$ (kWh)
<b>siječanj</b>	0
<b>veljača</b>	0
<b>ožujak</b>	0
<b>travanj</b>	0
<b>svibanj</b>	2368
<b>lipanj</b>	6767
<b>srpanj</b>	8422
<b>kolovoz</b>	7779
<b>rujan</b>	3314
<b>listopad</b>	0
<b>studen</b>	0
<b>prosinac</b>	0
<b>UKUPNO</b>	<b>28650</b>

Ukupna potrebna toplinska energija za hlađenje iznosi 28.650,00 kWh godišnje, što daje vrijednost od 40,92 kWh/m<sup>2</sup>.

#### 4.4. HRN EN 15316-2-1:2008 Sustavi grijanja u zgradama – Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Sustavi za grijanje prostora zračenjem topline

Korištenjem algoritma HRN EN 15316-2-1 izvodi se proračun potrebne toplinske energije koju je potrebno isporučiti podsustavu predaje [9].

Period proračuna: sezona grijanja

Toplinska energija koju je potrebno dovesti podsustavu predaje toplinske energije u grijani prostor

$$Q_{em,in} = Q_{em,out} - Q_{em,aux,rvd} + Q_{em,ls} \quad [\text{kWh}]$$

$Q_{em,out}$  – toplinska energija na izlazu iz podsustava predaje (kWh),

$Q_{em,aux,rvd}$  – vraćena pomoćna energija (kWh);

$Q_{em,ls}$  – toplinski gubici podsustava predaje (kWh).

$$Q_{em,out} = Q_{H,nd} - \sum_i Q_{ls,rvd,i} \quad [\text{kWh}]$$

$\sum_i Q_{ls,rvd,i}$  - zbroj svih iskorištenih toplinskih gubitaka sustava grijanja i pripreme potrošne tople vode

Tablica 8 prikazuje izračunate vrijednosti prema algoritmu HRN EN 15316-2-1.

**Tablica 8 Rezultati proračuna prema HRN EN 15316-2-1, podsustav predaje topline**

PODSUSTAV PREDAJE, GRIJANJE	SEZONA GRIJANJA	VAN SEZONE GRIJANJA	UKUPNO
$Q_{em,out}$ (kWh)	44407	0	44407
$Q_{em,ls}$ (kWh)	7161	0	7161
$W_{em,aux}$ (kWh)	0	0	0
$Q_{em,aux,rvd}$ (kWh)	0	0	0
$Q_{em,aux,rbl}$ (kWh)	0	0	0
$Q_{em,in}$ (kWh)	<b>51568</b>	0	<b>51568</b>

$W_{em,aux}$  – pomoćna energija podsustava predaje (kWh);

$Q_{em,aux,rbl}$  – iskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja podsustava predaje (iskoristiva pomoćna energija) (kWh);

$Q_{em,in}$  – toplinska energija na ulazu u podsustav predaje (kWh);

Potrebna toplinska energija na ulazu u podsustav predaje iznosi 51.568,00 kWh godišnje (73,66 kWh/m<sup>2</sup>). Toplinski gubici sustava predaje iznose 7.161,00 kWh godišnje što znači da iznos toplinske energije na izlazu iz sustava predaje iznosi 44.407,00 kWh godišnje (63,43 kWh/m<sup>2</sup>).

Korisnost sustava predaje topline dobiva se omjerom između ulazne i izlazne energije iz podsustava predaje topline te iznosi 86 % .

#### 4.5. HRN EN 15316-2-3:2008 Sustavi grijanja u zgradama – Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava –Razvodi sustava grijanja prostora

Period proračuna: sezona grijanja [9]

##### Proračun toplinskih gubitaka

$$Q_{H,dis,ls} = \sum_j \psi_j \cdot (\theta_m - \theta_{i,j}) \cdot L_j \cdot t_{uk} / 1000 \quad [\text{kWh}]$$

$L_j$  – duljina pojedine dionice cjevovoda (m), iz projektne dokumentacije

$\psi_j$  – koeficijent toplinskih gubitaka pojedine dionice cjevovoda (W/mK),

$\theta_m$  – prosječna temperatura ogrjevnog medija – funkcija faktora opterećenja  $\beta_{dis}$  (°C);

$\theta_{i,j}$  – temperatura okolišnog zraka pojedine dionice (°C);

$t_{uk}$  – broj sati u promatranom periodu (h)

$t_{uk} = t_d \cdot d_{use,tj} / 7 \cdot L_{H,m,i}$  kod mjesečne metode

##### Iskoristivi toplinski gubici podsustava razvoda koji se vraćaju u grijani prostor

$$Q_{H,dis,rbl} = \sum_j k_1 \cdot k_2 \cdot \psi_j \cdot (\theta_m - \theta_{i,j}) \cdot L_j \cdot t_{uk} / 1000 \quad [\text{kWh}]$$

$L_j$  – duljina pojedine dionice cjevovoda (m)

$k_1$  – udio iskoristivih gubitaka u ukupnim za pojedinu dionicu u ovisnosti o vrsti prostora (-)

$k_2$  – udio iskoristivih gubitaka u ukupnim za pojedinu dionicu u ovisnosti o načinu ugradnje (-)



Proračun pomoćne energije

$$W_{H,dis,aux} = \frac{P_{hydr,des}}{1000} \cdot \beta_{dis} \cdot t_{uk} \cdot f_{NET} \cdot f_{HB} \cdot f_{G,PM} \cdot e_{dis} \quad [\text{kWh}]$$

$P_{hydr,des}$  – projektna hidraulička snaga (W)

$\beta_{dis}$  – faktor opterećenja (-);

$e_{dis}$  – faktor energetskeg utroška (-)

$f_{NET}$  – korekcijski faktor hidrauličke mreže (za jednocijevne i dvocijevne mreže) (-),

$f_{HB}$  – korekcijski faktor hidrauličke ravnoteže mreže (-),

$f_{G,PM}$  – korekcijski faktor za generatore topline s integriranom pumpom (-),

Proračun vraćene pomoćne energije radnom mediju u promatranom periodu za podsustav razvoda

$$Q_{H,dis,aux,rvd} = 0,75 \cdot W_{H,dis,aux} \quad [\text{kWh}]$$

Proračun iskoristive pomoćne energije koja se vraća u prostor u promatranom periodu za podsustav razvoda

$$Q_{H,dis,aux,rbl} = k \cdot 0,25 \cdot W_{H,dis,aux} \quad [\text{kWh}]$$

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti sustavu razvoda grijanja

$$Q_{H,dis,in} = Q_{H,gen,out} = Q_{H,dis,out} - Q_{H,dis,aux,rvd} + Q_{H,dis,ls} \quad [\text{kWh}]$$

**Tablica 9 Rezultati proračuna prema HRN EN 15316-2-3, podsustav razvoda**

PODSUSTAV RAZVODA, GRIJANJE	SEZONA GRIJANJA	VAN SEZONE GRIJANJA	UKUPNO
$Q_{H,dis,out} = Q_{em,in}$ (kWh)	51568	0	51568
$Q_{H,dis,ls}$ (kWh)	18678	0	18678
$Q_{H,dis,rbl}$ (kWh)	16790	0	16790
$W_{H,dis,aux}$ (kWh)	469	0	469
$Q_{H,dis,aux,rvd}$ (kWh)	352	0	352
$Q_{H,dis,aux,rbl}$ (kWh)	103	0	103
$Q_{H,dis,in}$ (kWh)	<b>69895</b>	<b>0</b>	<b>69895</b>

Tablica 9 prikazuje rezultate dobivene korištenjem algoritma HRN EN 15316-2-3 za proračun potrebne energije sustava razvoda grijanja. Izlazna toplinska energija iz sustava razvoda je ujedno i ulazna toplinska energija na podsustavu predaje topline i ona iznosi 51.568,00 kWh godišnje ( $73,66 \text{ kWh/m}^2$ ). Ulazna energija u sustav razvoda toplinske energije iznosi 69.895,00 kWh godišnje ( $99,85 \text{ kWh/m}^2$ ) što znači da na gubitke razvoda odlazi 16.348,00 kWh godišnje ( $23,48 \text{ kWh/m}^2$ ) toplinske energije. Iskoristivost podsustava razvoda toplinske energije iznosi 74 %.

#### 4.6. HRN EN 15316-4-1:2008 Sustavi grijanja u zgradama – Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Sustavi za proizvodnju topline izgaranjem (kotlovi) i Dio 4-7: Sustavi za proizvodnju topline izgaranjem biomase

Period proračuna: sezona grijanja, izvan sezone grijanja [9]

- $Q_{H,gen,out}$  – toplinska energija na izlazu iz podsustava proizvodnje (kWh);
- $Q_{H,gen,ls}$  – ukupni toplinski gubici podsustava proizvodnje (kWh);
- $W_{H,gen,aux}$  – pomoćna energija podsustava proizvodnje (kWh);
- $Q_{H,gen,aux,rvd}$  – vraćena pomoćna energija u podsustav proizvodnje (kWh);
- $Q_{H,gen,aux,nrbl}$  – neiskoristivi toplinski gubici pomoćnih uređaja podsustava proizvodnje (kWh);
- $Q_{H,gen,in}$  – toplinska energija na ulazu u podsustav proizvodnje (kWh);
- $Q_{HW,gen,in}$  – toplinska energija na za kombiniranu proizvodnju energije za grijanje i PTV (kWh)

Tablica 10 prikazuje rezultate proračuna prema algoritmu HRN EN 15316-4-1 (sustav za proizvodnju topline izgaranjem) te HRN EN 15316-4-7 sustav za proizvodnju topline izgaranjem biomase.

**Tablica 10 Rezultati proračuna prema HRN EN 15316-4-1 i prema HRN EN 15316-4-7, sustav proizvodnje toplinske energije**

GENERATOR-GRIJANJE	SEZONA GRIJANJA	VAN SEZONE GRIJANJA	UKUPNO
$Q_{H,gen,out}=Q_{H,dis,in}$	69895	0	69895
$Q_{H,gen,ls}$	10352	2745	13097
$Q_{H,gen,ls,env,rbl}$	0	0	0
$W_{H,gen,aux}$	204	149	353
$Q_{H,gen,aux,rvd}$	79	0	79
$Q_{H,gen,aux,rbl}$	0	0	0
$Q_{H,gen,in}$	<b>80168</b>	<b>0</b>	<b>80168</b>
$Q_{HW,gen,in}$	<b>94599</b>	<b>10530</b>	<b>105129</b>

Detaljne jednadžbe proračuna pogledati u algoritmu za određivanje energetskih značajki termotehničkih sustava, dio HRN EN 15316-4-1 i HRN EN 15316-4-7.

Iz Tablica 10 je moguće vidjeti da u sezoni grijanja potrebna toplinska energija koja se predaje iz sustava proizvodnje topline iznosi 69.895,00 kWh godišnje (99,85 kWh/m<sup>2</sup>) dok iznos potrebne toplinske energije u sustav iznosi 80.168,00 kWh godišnje (114,52 kWh/m<sup>2</sup>). Iskoristivost sustava proizvodnje toplinske energije u sezoni grijanja iznosi 87,2 %.

#### **4.7. HRN EN 15316-3-1:2008 Sustavi grijanja u zgradama – Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Sustavi za pripremu potrošne tople vode, pokazatelji potreba prema izljevnome mjestu**

Period proračuna: sezona grijanja, period izvan sezone grijanja [9]

Potrebna toplinska energija za pripremu potrošne tople vode (PTV)

Stambene zgrade

$$Q_W = \frac{Q_{W,A,a}}{365} \cdot A_k \cdot d \quad [\text{kWh}]$$

$A_k$  – korisna površina zgrade (m<sup>2</sup>);

$d$  – broj dana u promatranom periodu (dan);

$Q_W$  – toplinska energija potrebna za pripremu PTV-a u promatranom periodu (kWh)

$Q_{W,A,a}$  – specifična toplinska energija potrebna za pripremu PTV-a (kWh/m<sup>2</sup>a),

#### **4.8. HRN EN 15316-3-2:2008 Sustavi grijanja u zgradama – Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Sustavi za pripremu potrošne tople vode, razvod**

Period proračuna: sezona grijanja, period izvan sezone grijanja [9]

Proračun toplinskih gubitaka

$$Q_{W,dis,ls,nc} = \alpha_{W,dis} \cdot Q_W \quad [\text{kWh}]$$

$\alpha_{w,dis}$  – faktor gubitka toplinske energije (-);

$Q_W$  – potrebna toplinska energija za pripremu PTV-a u promatranom periodu (kWh),

#### Proračun gubitaka cirkulacijske petlje

$$Q_{W,dis,ls,col} = (14 \text{ W/m}) \cdot L_W \cdot t_{uk,W} / 1000 \quad [\text{kWh}]$$

#### Proračun pomoćne energije

$$W_{W,dis,aux} = \frac{P_{hydr}}{1000} \cdot t_{uk,W} \cdot e_{pmp,eff} \quad [\text{kWh}]$$

$P_{hydr}$  – hidraulička snaga cirkulacijske pumpe (W);

$e_{pmp,ef}$  – faktor energetskeg utroška (-).

#### Proračun vraćene pomoćne energije

$$Q_{W,dis,aux,rvd} = 0,75 \cdot W_{W,dis,aux} \quad [\text{kWh}]$$

#### Proračun iskoristive pomoćne energije

$$Q_{W,dis,aux,rbl} = k \cdot 0,25 \cdot W_{W,dis,aux} \quad [\text{kWh}]$$

#### Toplinska energija koju je potrebno isporučiti sustavu razvoda potrošne tople vode

$$Q_{W,dis,in} = Q_W - Q_{W,dis,aux,rvd} + Q_{W,dis,ls} \quad [\text{kWh}]$$

**Tablica 11 Rezultati proračuna prema prema HRN EN 15316-3-2, sustav razvoda potrošne tople vode**

pod sustav razvoda, PTV	sezona grijanja (kWh)	van sezone grijanja (kWh)	ukupno (kWh)
$Q_{W,dis,out}=Q_W$	5058	3692	8750
$Q_{W,dis,ls}$	8795	6419	15214

$Q_{W,dis,ls,col}$	7308	5334	12641
$Q_{W,dis,rbl}$	0	0	0
$W_{W,dis,aux}$	204	177	382
$Q_{W,dis,aux,rvd}$	153	112	265
$Q_{W,dis,aux,rbl}$	26	19	44
$Q_{W,dis,in}$	<b>13700</b>	<b>9999</b>	<b>23699</b>

Tablica 11 prikazuje izračunate vrijednosti prema algoritmu HRN EN 15316-3-2, proračun potrebne toplinske energije razvoda potrošne tople vode. Proračun je proveden za sezonu grijanja i van sezone grijanja. U sezoni grijanja potrebna toplinska energija koja se isporučuje razvodom potrošne tople vode iznosi 5.058,00 kWh (7,22 kWh/m<sup>2</sup>) dok iznos potrebne toplinske energije koju treba dovesti sustavu razvoda potrošne tople vode iznosi 13.700,00 kWh (19,57 kWh/m<sup>2</sup>). Iskoristivost sustava razvoda potrošne tople vode u sezoni grijanja iznosi 37 %. Van sezone grijanja potrebna toplinska energija koja se isporučuje razvodom potrošne tople vode iznosi 3.692,00 kWh (5,27 kWh/m<sup>2</sup>) dok iznos potrebne toplinske energije koja se dovodi sustavu razvoda potrošne tople vode iznosi 9.999,00 kWh (14,28 kWh/m<sup>2</sup>). Iskoristivost sustava razvoda van sezone grijanja iznosi 36,5 %.

#### 4.9. HRN EN 15316-3-3:2008 Sustavi grijanja u zgradama – Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Sustavi za pripremu potrošne tople vode, zagrijavanje

Period proračuna: sezona grijanja, period izvan sezone grijanja [9]

Toplinski gubici indirektno grijanog spremnika potrošne tople vode (PTV)

$$Q_{W,st,ls} = U_{W,st} \cdot (\theta_{w,st,av} - \theta_{amb,avg}) \cdot 24 \cdot d / 1000 \quad [\text{kWh}]$$

Proračun gubitaka primarne cirkulacije između generatora topline i spremnika

Izolirani cjevovod

$$Q_{W,p,ls} = (14 \text{ W/m}) \cdot L_{W,p} \cdot t_{W,gen,nom} / 1000 \quad [\text{kWh}]$$

Električna energija potrebna za pogon pumpe primarnog cirkulacijskog kruga (između generatora i spremnika)

$$W_{W,p,aux} = \frac{P_{hydr}}{1000} \cdot t_{W,gen,nom} \cdot e_{pmp,eff} \quad [kWh]$$

Proračun ukupne pomoćne energije generatora

$$W_{W,gen,aux} = W_{W,gnr,aux} + W_{W,p,aux} \quad [kWh]$$

Proračun vraćene pomoćne energije

$$Q_{W,p,aux,rtd} = 0,75 \cdot W_{W,p,aux} \quad [kWh]$$

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu proizvodnje PTV-a

$$Q_{W,gen,in} = Q_{W,gen,out} - Q_{W,gen,aux,rtd} + Q_{W,gen,ls} \quad [kWh]$$

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu proizvodnje sustava grijanja i PTV

$$Q_{HW,gen,in} = Q_{H,gen,in} + Q_{W,gen,in} \quad [kWh]$$

**Tablica 12 Rezultati proračuna prema HRN EN 15316-3-3, sustavi za pripremu potrošne tople vode**

podstavak pripreme PTV	sezona grijanja (kWh)	van sezone grijanja (kWh)	ukupno (kWh)
$Q_{W,gen,out} = Q_{W,dis,in}$	13700	9999	23699
$Q_{W,st,ls}$	725	529	1254
$Q_{W,st,rbl}$	0	0	0
$Q_{W,p,ls}$	31	22	53
$Q_{W,p,rbl}$	0	0	0
$Q_{W,gnr,ls}$	0	0	0
$Q_{W,gnr,ls,env,rbl}$	0	0	0
$W_{W,p,aux}$	35	29	64

$W_{W,gnr,aux}$	0	0	0
$W_{W,gen,aux}$	41	39	81
$Q_{W,p,aux,rvd}$	23	18	41
$Q_{W,gnr,aux,rvd}$	0	0	0
$Q_{W,gen,aux,rvd}$	24	20	44
$Q_{W,p,aux,rbl}$	0	0	0
$Q_{W,gnr,aux,rbl}$	0	0	0
$Q_{W,gen,aux,rbl}$	0	0	0
$Q_{W,gen,in}$	<b>14431</b>	<b>10530</b>	<b>24961</b>
$Q_{HW,gen,in}$	<b>94599</b>	<b>10530</b>	<b>105129</b>

Tablica 12 prikazuje vrijednosti izračunate preko algoritma HRN EN 15316-3-3, sustavi za proizvodnju toplinske energije za zagrijavanje potrošne tople vode. U sezoni grijanja potrebno je isporučiti sustavu razvoda 13.700,00 kWh (19,57 kWh/m<sup>2</sup>) te je potrebno na generatoru topline proizvesti 14.431,00 kWh (20,61 kWh/m<sup>2</sup>). Iskoristivost sustava proizvodnje toplinske energije u sezoni grijanja iznosi 95 %. Van sezone grijanja razvodu potrošne tople vode je potrebno dovesti 9.999,00 kWh (14,28 kWh/m<sup>2</sup>) dok generator topline proizvodi 10.530,00 kWh (15,05 kWh/m<sup>2</sup>). Iskoristivost sustava proizvodnje toplinske energije van sezone grijanja iznosi 95 %.

#### 4.10. HRN EN 15316-4-3:2008 Sustavi grijanja u zgradama – Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava – Sustavi za proizvodnju topline, toplinski sustavi sunčevog zračenja

Proračun se provodi na mjesečnoj razini za sve mjesece u godini [9].

Proračun toplinskog opterećenja sunčanog sustava (samo za PTV)

$$Q_{W,sol,us,m} = (Q_W + Q_{W,dis,ls} - Q_{W,dis,aux,rvd}) / d \cdot t_m \quad [\text{kWh}]$$

$Q_{W,sol,us,m}$  – mjesečno toplinsko opterećenje sunčanog sustava u dijelu koji se odnosi na potrebnu energiju za pripremu PTV-a (kWh);

Tablica 13 prikazuje rezultate dobivene proračunom prema algoritmu HRN EN 15316-4-3 koji se odnosi na solarne sustave.

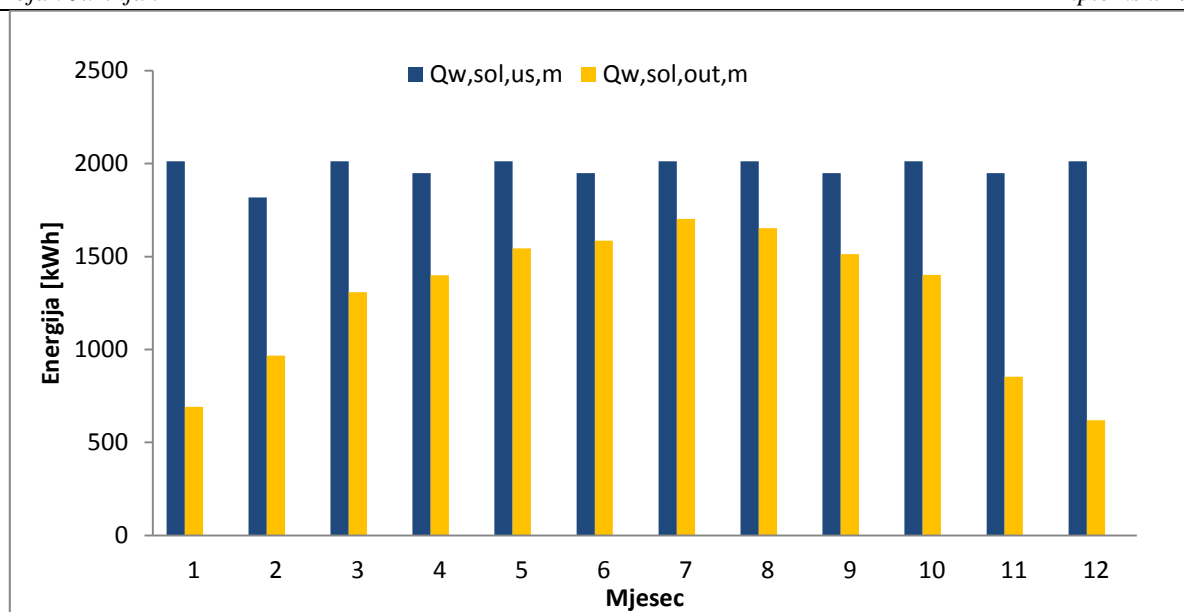
**Tablica 13 Dobivene vrijednosti prema algoritmu HRN EN 15316-4-3, solarni sustavi**

Mjesec	$Q_{w,sol,us,m}$ [kWh]	$Q_{w,sol,out,m}$ [kWh]	$E_{w,del}$ [kWh]	$E_{w,prim}$ [kWh]	CO2 [kg]
<b>1</b>	2013	692	1541	1701	344
<b>2</b>	1818	968	983	1097	223
<b>3</b>	2013	1307	776	878	180
<b>4</b>	1948	1399	586	671	139
<b>5</b>	2013	1544	482	561	117
<b>6</b>	1948	1584	368	436	92
<b>7</b>	2013	1702	315	381	81
<b>8</b>	2013	1652	367	437	93
<b>9</b>	1948	1513	456	532	111
<b>10</b>	2013	1402	688	783	162
<b>11</b>	1948	854	1280	1419	288
<b>12</b>	2013	620	1647	1817	367
<b>UKUPNO</b>	<b>23699</b>	<b>15236</b>	<b>9488</b>	<b>10714</b>	<b>2199</b>

Tablica 13 prikazuje rezultate dobivene proračunom prema algoritmu HRN EN 15316-4-3 koji se odnosi na solarne sustave.

Tablica 13 prikazuje izračunate vrijednosti prema algoritmu HRN EN 15316-4-3 za solarne sustave. Proračun je napravljen za pločaste kolektore ukupne površine 20 m<sup>2</sup>. Potrebna godišnja toplinska energija za pripremu PTV-a iznosi 23.699,00 kWh (33,85 kWh/m<sup>2</sup>) te je solarnim sustavom moguće prikupiti godišnje 15.236,00 kWh (21,76 kWh/m<sup>2</sup>). Solarni sustav pokriva 65 % potrebne toplinske energije za zagrijavanje potrošne tople vode. Primarna energija za solarni sustav iznosi 10.714,00 kWh (15,3 kWh/m<sup>2</sup>) te faktor korištenja primarne energije iznosi 0,45 (45 %).





Slika 11 Prikaz dobivene solarne energije po mjesecima

#### 4.11. HRN EN ISO 15243 – Algoritam za proračun potrebne energije za primjenu ventilacijskih i klimatizacijskih sustava kod grijanja i hlađenja prostora zgrade

U nastavku su prikazane jednačbe za proračun potrebne energije za vodeni i VRV sustav hlađenja. Valja napomenuti kako je proračun iterativan jer je već na samom početku potrebno pretpostaviti iznos toplinske energije na izlazu iz podsustava proizvodnje,  $Q_{C,gen,out}$ , a ta se vrijednost dobiva kao dio proračuna, na temelju koje se korigira inicijalno pretpostavljena vrijednost do postizanja konvergencije [10]. Zato se preporuča provođenje proračuna pomoću računala.

##### 4.11.1. Vodeni sustav

##### Proračun pomoćne energije

Pomoćna energija za pogon pumpe podsustava razvoda sustava hlađenja u promatranom periodu se računa prema

$$W_{C,dis,aux} = \frac{P_{hydr,des}}{1000} \cdot t_{C,uk} \cdot \beta_{C,dis} \cdot f_{Abgl} \cdot e_{C,dis} \quad [\text{kWh}]$$

Potrebna energija za pogon ventilatora rashladnih tijela (podsustav predaje)

$$W_{C,em,aux,fan} = f_{C,aux,fan} \cdot Q_{C,gen,out} \cdot \frac{t_{C,op}}{1000h} \quad [\text{kWh}]$$

Potrebna električna energija za kondenzator

$$W_{C,aux,cond} = \Phi_{cond} \cdot q_{cond,el} \cdot f_{cond,av} \cdot t_{cond,op} \quad [\text{kWh}]$$

Snaga kondenzatora

$$\Phi_{cond} = \Phi_{C,gen} \cdot \left( 1 + \frac{1}{EER} \right) \quad [\text{kW}]$$

**Vraćena i iskorištena pomoćna energija**

$$\sum_i Q_{C,aux,rvd,i} = 0,75 \cdot (W_{C,dis,aux} + W_{C,em,aux,fan} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot}) + W_{Ve,aux,fan} \quad (\text{kWh})$$

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu predaje (ventilokonvektori)

$$Q_{C,em,in} = Q_{C,dis,out} = Q_{C,em,out} + Q_{C,em,aux,rvd} + Q_{C,em,ls} \quad [\text{kWh}]$$

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu razvoda

$$Q_{C,dis,in} = Q_{C,gen,out} = Q_{C,dis,out} + Q_{C,dis,aux,rvd} + Q_{C,dis,ls} + Q_{C,AHU,ls} \quad [\text{kWh}]$$

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu proizvodnje

$$Q_{C,gen,in} = Q_{C,em,out} + Q_{C,em,ls} + Q_{C,dis,ls} + Q_{C,st,ls} + Q_{C,gen,ls} + \sum_i Q_{C,aux,rvd,i} \quad [\text{kWh}]$$

Toplinski gubici podsustava predaje (rashladnih tijela)

$$Q_{C,em,ls} = [(1 - \eta_{C,em}) + (1 - \eta_{C,em,sens})] \cdot Q_{C,em,out} \quad [\text{kWh}]$$

Toplinski gubici razvoda sustava hlađenja od generatora rashladnog učina do rashladnih tijela

$$Q_{C,dis,ls} = Q_{C,dis,f,ls} = (1 - \eta_{C,dis}) \cdot Q_{C,em,out} \quad [\text{kWh}]$$

**Isporučena i primarna energija**Toplinska + električna

$$E_{C,del,the1} = Q_{C,gen,in} + (W_{C,dis,aux} + W_{Ve,aux,fan} + W_{C,em,aux,fan} + W_{C,aux,cond} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot})$$

Električna

$$E_{C,del} = E_{C,gen,del,el} + (W_{C,dis,aux} + W_{Ve,aux,fan} + W_{C,em,aux,fan} + W_{C,aux,cond} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot})$$

[kWh]

Potrebna (isporučena) električna energija za pogon generatora rashladnog učina

$$E_{c,gen,del,el} = \frac{Q_{c,gen,out}}{SEER}$$

**Isporučena godišnja energija-hlađenje**

Sustavi s nekontinuiranim radom (s prekidom zbog noćnog rada i/ili vikenda)

$$E_{C,del,a} = \sum_i \alpha_{C,red,i} E_{C,del,m,i} \cdot L_{C,m,i} / d_i \quad [\text{kWh/mj}]$$

Primarna energija

$$E_{prim} = \sum_i (f_{p,i} \cdot Q_{gen,in,i}) + \sum_j (f_{p,el} \cdot W_{aux,j}) \quad [\text{kWh}]$$

**Godišnja primarna energija-hlađenje**

Sustavi s nekontinuiranim radom (s prekidom zbog noćnog rada i/ili vikenda)

$$E_{C,prim,a} = \sum_i \alpha_{C,red,i} E_{C,prim,m,i} \cdot L_{C,m,i} / d_i \quad [\text{kWh/mj}]$$

**Godišnja emisija CO<sub>2</sub>**

Sustav hlađenja (s jednim generatorom, općenito za satne ili mjesečne vrijednosti)

$$CO_{2,C} = E_{C,gen,del,el} \cdot C_{el} + (W_{C,dis,aux} + W_{Ve,aux,fan} + W_{C,em,aux,fan} + W_{C,aux,cond} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot}) \cdot C_{el}$$

[kg]

**4.11.2. VRF sustav****Proračun pomoćne energije**

Potrebna energija za pogon ventilatora rashladnih tijela (podsustav predaje)

$$W_{C,em,aux,fan} = f_{C,aux,fan} \cdot Q_{C,gen,out} \cdot \frac{t_{C,op}}{1000h} \quad [\text{kWh}]$$

Potrebna električna energija za kondenzator

$$W_{C,aux,cond} = \Phi_{cond} \cdot q_{cond,el} \cdot f_{cond,av} \cdot t_{cond,op} \quad [\text{kWh}]$$

Snaga kondenzatora

$$\Phi_{cond} = \Phi_{C,gen} \cdot \left( 1 + \frac{1}{EER} \right) \quad [\text{kW}]$$

**Vraćena i iskorištena pomoćna energija**

Vraćena pomoćna energija u podsustav predaje (kWh)

$$\sum_i Q_{C,aux,rvd,i} = 0,75 \cdot (W_{C,dis,aux} + W_{C,em,aux,fan} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot}) + \\ + W_{Ve,aux,fan}$$

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu predaje (ventilokonvektori, panelno hlađenje, parapet, zidne i stropne jedinice itd)

$$Q_{C,em,in} = Q_{C,dis,out} = Q_{C,em,out} + Q_{C,em,aux,rvd} + Q_{C,em,ls} \quad [\text{kWh}]$$

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu razvoda

$$Q_{C,dis,in} = Q_{C,gen,out} = Q_{C,dis,out} + Q_{C,dis,aux,rvd} + Q_{C,dis,ls} + Q_{C,AHU,ls} \quad [\text{kWh}]$$

Toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu proizvodnje

$$Q_{C,gen,in} = Q_{C,em,out} + Q_{C,em,ls} + Q_{C,dis,ls} + Q_{C,st,ls} + Q_{C,gen,ls} + \sum_i Q_{C,aux,rvd,i} \quad [\text{kWh}]$$

Toplinski gubici podsustava predaje (rashladnih tijela)

$$Q_{C,em,ls} = [(1 - \eta_{C,em}) + (1 - \eta_{C,em,sens})] \cdot Q_{C,em,out} \quad [\text{kWh}]$$

Toplinski gubici razvoda sustava hlađenja od generatora rashladnog učina do rashladnih tijela

$$Q_{C,dis,ls} = Q_{C,dis,f,ls} = (1 - \eta_{C,dis}) \cdot Q_{C,em,out} \quad [\text{kWh}]$$

## Isporučena i primarna energija

Toplinska + električna

$$E_{C,del,the1} = Q_{C,gen,in} + (W_{C,dis,aux} + W_{Ve,aux,fan} + W_{C,em,aux,fan} + W_{C,aux,cond} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot}) \quad [\text{kWh}]$$

Električna energija

$$E_{C,del} = E_{C,gen,del,el} + (W_{C,dis,aux} + W_{Ve,aux,fan} + W_{C,em,aux,fan} + W_{C,aux,cond} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot}) \quad [\text{kWh}]$$

Potrebna (isporučena) električna energija za pogon generatora rashladnog učina

$$E_{c,gen,del,el} = \frac{Q_{c,gen,out}}{SEER}$$

## Isporučena godišnja energija-hlađenje

Sustavi s nekontinuiranim radom (s prekidom zbog noćnog rada i/ili vikenda)

$$E_{C,del,a} = \sum_i \alpha_{C,red,i} E_{C,del,m,i} \cdot L_{C,m,i} / d_i \quad [\text{kWh/mj}]$$

Primarna energija

$$E_{prim} = \sum_i (f_{p,i} \cdot Q_{gen,in,i}) + \sum_j (f_{p,el} \cdot W_{aux,j}) \quad [\text{kWh}]$$

## Godišnja primarna energija-hlađenje

Sustavi s nekontinuiranim radom (s prekidom zbog noćnog rada i/ili vikenda)

$$E_{C,prim,a} = \sum_i \alpha_{C,red,i} E_{C,prim,m,i} \cdot L_{C,m,i} / d_i \quad [\text{kWh/mj}]$$

Godišnja emisija CO<sub>2</sub>

$$CO_{2,C} = E_{C,gen,del,el} \cdot C_{el} + (W_{C,dis,aux} + W_{Ve,aux,fan} + W_{C,em,aux,fan} + W_{C,aux,cond} + W_{Ve,aux,mh} + W_{Ve,aux,hru} + W_{Ve,aux,rot}) \cdot C_{el}$$

Tablica 14 prikazuje dobivene rezultate korištenjem algoritma HRN EN 15243 za proračun isporučene energije za hlađenje.

**Tablica 14 Prikaz dobivenih rezultata isporučene i primarne energije u sezoni hlađenja za vodeni i VRF sustav prema algoritmu HRN EN 15243**

	Vodeni sustav	VRF sustav
pomoćna energija za pogon pumpe podsustava razvoda [kWh]	252	0
potrebna energija za pogon ventilatora rashladnih tijela [kWh]	1327	1102
potrebna električna energija za pogon kondenzatora [kWh]	1291	1177
vraćena pomoćna energija u podsustav predaje [kWh]	1184	827
toplinski gubici podsustava predaje [kWh]	3724,5	3724,5
toplinska energija isporučena podsustavu predaje [kWh]	33559	33201
toplinski gubici razvoda sustava hlađenja od generatora rashladnog učina do rashladnih tijela [kWh]	2865	0
toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu razvoda [kWh]	36424	33201
toplinska energija koju je potrebno isporučiti podsustavu proizvodnje [kWh]	36424	33201
prosječni faktor djelomičnog opterećenja ( <i>PLV</i> ) [-]	1.43	1.43
sezonski faktor hlađenja ( <i>SEER</i> ) [kWh]	3.86	4.86
potrebna (isporučena) električna energija za pogon generatora rashladnog učina [kWh]	9434	6829
Isporučena električna energija [kWh]	13745	10174
godišnja primarna energija [kWh]	21992	16279

## 5. TEHNIČKO-EKONOMSKA ANALIZA ZA PONUĐENE TRI VARIJANTE SUSTAVA

Provedena je tehničko-ekonomska analiza za ponuđene tri varijante sustava s ciljem odabira optimalnog rješenja sustava grijanja, hlađenja i zagrijavanja potrošne tople vode.

### 5.1. I. varijanta sustava

Tablica 15 prikazuje investicijske troškove I. varijante ponuđenog sustava.

**Tablica 15 Investicijski troškovi I. varijante sustava**

Br.	Naziv proizvoda	Jm.	Količina	Cijena	Iznos u kn
1.	Kotao na pelete Q=50 kW	kom	1		
2.	Dimovodni kanal	kom	1		
3.	Spremnik za pelete	kom	1		
4.	Spremnik PTV dva izmjenjivača V = 750 L	kom	1		
5.	Pumpa za grijanje	kom	4		
6.	Recirkulacijska pumpa za PTV	kom	1		
7.	Cijevi za grijanje u cijenu uključeni svi potrebni fazonski i prijelazni komadi uz sitni potrošni materijal	m	300		
8.	Cijevi za PTV (s recirkul.) u cijenu uključeni svi potrebni fazonski i prijelazni komadi uz sitni potrošni materijal	m	200		

9.	Regulacijska armatura (ekspanzijska posuda, zaporni i nepovratni ventili, sigurnosni ventili)	pauš.	1
10.	Solarni pločasti kolektori A=2m <sup>2</sup>	kom	10
11.	Regulacijski set za solarni sustav	kom	1
12.	Rashladni chiller Q <sub>r</sub> = 40 kW	kom	1
13.	Cirkulacijska pumpa za hlađenje	kom	2
14.	Stropni ventilokonvektori	kom	17
15.	Cijevi za hlađenje	m	350
16.	Armatura	pauš.	1
17.	Regulacija	pauš.	1
18.	Ugradnja navedene opreme i puštanje u pogon	pauš.	1

<b>UKUPNO</b>	<b>bez PDV-a</b>	<b>506.750,00</b>
	<b>s PDV- om</b>	<b>633.437,50</b>

Ukupni investicijski troškovi potrebni za nabavu opreme i ugradnju sustava procjenjuju se na iznos od 633.437,00 kn (s PDV-om).

Pogonski troškovi za I. varijantu sustava iznose 29.005,00 kn godišnje. Od ukupnog iznosa, pogonski troškovi za el.energiju iznose 7.285,00 kn dok se ostatak od 21.720,00 kn troši na pelete.



Tablica 16 prikazuje rezultate potrebnih toplinskih energija za predloženu I. varijantu sustava.

**Tablica 16 Rezultati proračuna I. varijante sustava**

$Q_{h,nd}$	59134	kWh
$Q_w$	8750	kWh
$Q_{c,nd}$	28650	kWh
$A_k$	700	m <sup>2</sup>
$Q_{h,nd}/A_k$	84,47714	kWh/m <sup>2</sup>
$Q_w/A_k$	12,5	kWh/m <sup>2</sup>
$Q_{c,nd}/A_k$	40,92857	kWh/m <sup>2</sup>
$Q_{h,ls}$	36191	kWh
$Q_{w,ls}$	16468	kWh
$Q_{c,ls}$	10127	kWh
$W_{h,aux}$	673	kWh
$W_{w,aux}$	458	kWh
$W_{c,aux}$	5581	kWh

$E_{del,H}$	83539	kWh
$E_{del,H+C}$	97284	kWh
$E_{del/m^2}$	119,3414	kWh/m <sup>2</sup>
$E_{prim}$	63264	kWh
$E_{prim/m^2}$	90,37683	kWh/m <sup>2</sup>
$E_{prim,H}$	23161,5	kWh
$e_{p,H}$	0,341192	[-]
$CO_2$	2574	kg

## 5.2. II. varijanta sustava

Tablica 17 prikazuje investicijske troškove II. varijante ponuđenog sustava.

**Tablica 17 Investicijski troškovi II. varijante sustava**

Br.	Naziv proizvoda	Jm.	Količina	Cijena	Iznos u kn
1.	Dizalica topline zrak/voda	kom	1		
2.	Cirkulacijske pumpe	kom	4		
3.	Recirkulacijska pumpa	kom	1		
4.	Izmjenjivač freon/voda	kom	1		

5.	Stropni ventilokonvektori 2 cijevni sustav	kom	17
6.	Cijevi-polaz,povrat, kondenzat	m	500
7.	Spremnik PTV-a V=750 L	kom	1
8.	Armatura	pauš.	1
9.	Regulacija	pauš.	1
10.	Solarni pločasti kolektori A=2m2	kom	10
11.	Regulacijski set za solarni sustav	kom	1
12.	Ugradnja navedene opreme	pauš.	1

<b>UKUPNO</b>	<b>bez PDV</b>	<b>605.200,00</b>
	<b>s PDV- om</b>	<b>756.500,00</b>

Ukupni investicijski troškovi potrebni za nabavu opreme i ugradnju sustava procjenjuju se na iznos od 756.500,00 kn (s PDV-om).

Pogonski troškovi za električnu energiju II. varijante sustava iznose 16.706,00 kn godišnje.

Iz kataloga tipskih rješenja su očitane vrijednosti potrebne isporučene i primarne energije za dizalicu topline zrak/voda smještenu u primorskoj Hrvatskoj. Proračun u sezoni hlađenja izvršen je preko algoritma HRN EN 15243.

Tablica 18 prikazuje očitane vrijednosti isporučene i primarne energije iz kataloga tipskih rješenja.

Tablica 18 Isporučena i primarna energija II. varijante sustava

$E_{del,H}$	14978	kWh	očitano
$E_{del,C}$	13745	kWh	EN 15243 (izračunato)
$E_{del,H+C}$	31521	kWh	
$E_{del}/A_k$	45,03	kWh/m <sup>2</sup>	
$E_{prim,H}$	31191,5	kWh	očitano
$E_{prim,C}$	21992	kWh	EN 15243 (izračunato)
$E_{prim}$	53184	kWh	
$E_{prim}/A_k$	76,1	kWh/m <sup>2</sup>	
$e_{p,H}$	0,459482	[-]	
CO <sub>2</sub>	12298	kg	

### 5.3. III. varijanta sustava

Tablica 19 prikazuje investicijske troškove II. varijante ponuđenog sustava.

Tablica 19 Investicijski troškovi III. varijante sustava

Br.	Naziv proizvoda	Jm.	Količina	Cijena	Iznos u kn
1.	VRV vanjska jedinica Qh=50 kW, Qc=45 kW	kom	1		
2.	VRV unutarnja jedinica	kom	17		

3.	Predizolirane bakrene cijevi za VRV	m	400
4.	Regulacija VRV sustava	pauš.	1
5.	Spremnik PTV V=750 L	kom	1
6.	Izmjenjivač freon/voda	kom	1
7.	Cijevi za PTV	m	200
8.	Solarni pločasti kolektori A=2m2	kom	10
9.	Regulacijski set za solarni sustav	kom	1
10.	Armatura	pauš.	1
11.	Montaža gore navedene opreme i puštanje u rad	pauš.	1

<b>UKUPNO</b>	<b>bez PDV</b>	<b>701.702,81</b>
	<b>s PDV-om</b>	<b>877.128,52</b>

Ukupni investicijski troškovi potrebni za nabavu opreme i ugradnju sustava procjenjuju se na iznos od 877.128,52 kn (s PDV-om).

Pogonski troškovi za električnu energiju II. varijante sustava iznose 12.432,00 kn godišnje.

S obzirom da ne postoji algoritam kojim bi se mogao provesti proračun energije u sezoni grijanja za VRF sustav, potrošnja energije je uzeta po iskustvenoj procjeni. Proračun u sezoni hlađenja izvršen je preko algoritma HRN EN 15243.

Tablica 20 prikazuje isporučenu i primarnu energiju III. varijante sustava.

**Tablica 20 Isporučena i primarna energija III. varijante sustava**

$E_{del,H}$	13282,6	kWh	procjena
$E_{del,C}$	10174	kWh	izračunato (en 15243)
$E_{del,H+C}$	23456,91	kWh	
$E_{del}/A_k$	33,50987	kWh/m <sup>2</sup>	
$E_{prim,H}$	24632,05	kWh	procjena
$E_{prim,C}$	16279	kWh	izračunato (en 15243)
$E_{prim}$	40911	kWh	
$E_{prim}/A_k$	58,45	kWh/m <sup>2</sup>	
$e_{p,H}$	0,362855	[-]	
$CO_2$	8600	kg	

## 6. ODABIR OPTIMALNOG RJEŠENJA

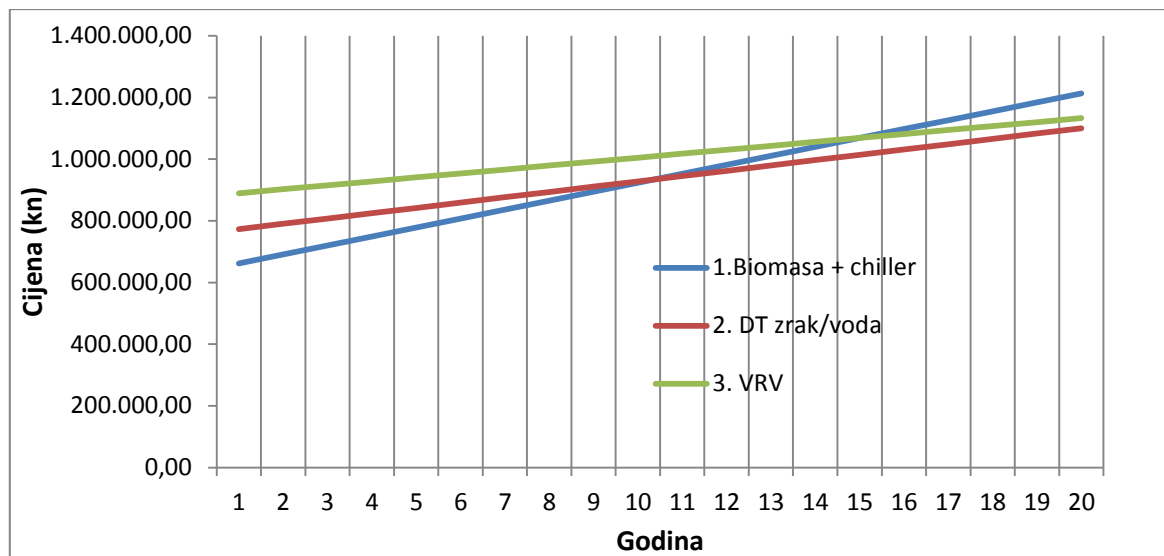
Nakon izrađenih proračuna energije svake varijante ponuđenih sustava potrebno je odabrati optimalno rješenje. Usporedbom investicijskih troškova možemo vidjeti da je I. varijanta sustava jeftinija od ostalih varijanti sustava. Ukoliko usporedimo pogonske troškove pojedinih sustava, možemo vidjeti da je III. varijanta sustava jeftinija od ostalih varijanti sustava.

Tablica 21 prikazuje ukupne troškove sustava (investicijski i pogonski) kroz period korištenja od 20 godina.

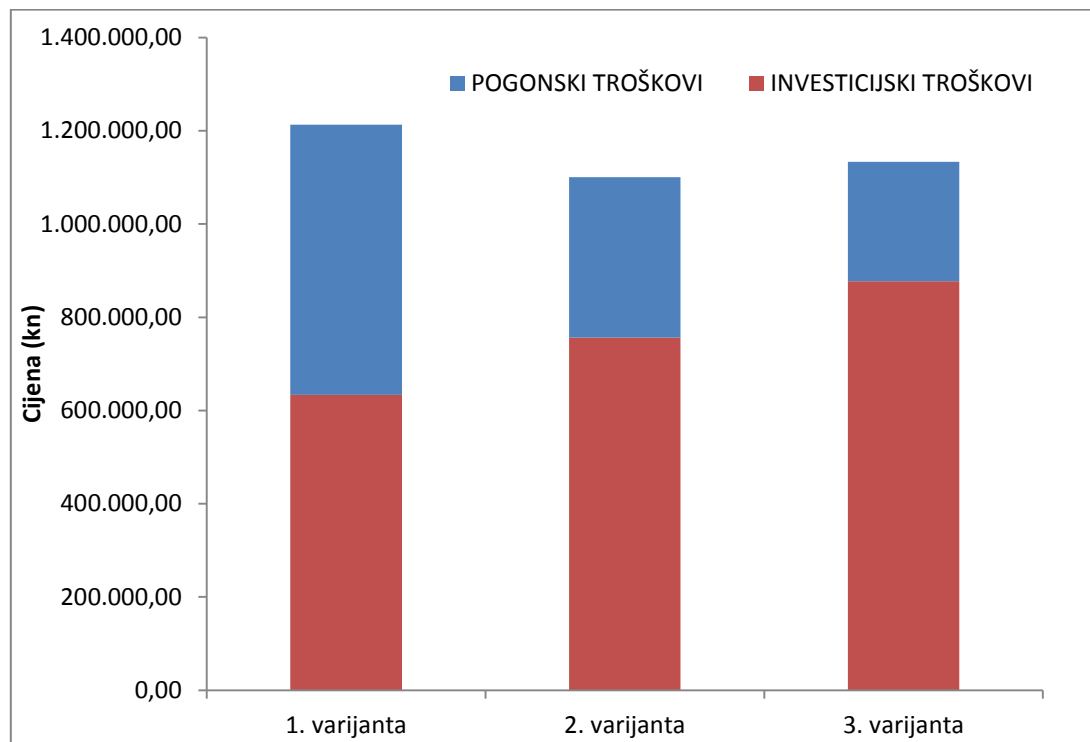
**Tablica 21 Usporedba ukupnih troškova sustava kroz period od 20 godina**

<b>GODINA</b>	<b>I. VARIJANTA (KN)</b>	<b>II. VARIJANTA (KN)</b>	<b>III. VARIJANTA (KN)</b>
<b>1</b>	662.442,49	773.206,13	889.560,68
<b>2</b>	691.447,48	790.413,44	902.365,80
<b>3</b>	720.452,47	807.620,76	915.170,93
<b>4</b>	749.457,46	824.828,07	927.976,06
<b>5</b>	778.462,45	842.035,39	940.781,18
<b>6</b>	807.467,44	859.242,70	953.586,31
<b>7</b>	836.472,43	876.450,01	966.391,44
<b>8</b>	865.477,42	893.657,33	979.196,56
<b>9</b>	894.482,41	910.864,64	992.001,69
<b>10</b>	923.487,40	928.071,96	1.004.806,82
<b>11</b>	952.492,39	945.279,27	1.017.611,94
<b>12</b>	981.497,38	962.486,58	1.030.417,07
<b>13</b>	1.010.502,37	979.693,90	1.043.222,20
<b>14</b>	1.039.507,36	996.901,21	1.056.027,32
<b>15</b>	1.068.512,35	1.014.108,52	1.068.832,45
<b>16</b>	1.097.517,34	1.031.315,84	1.081.637,58
<b>17</b>	1.126.522,33	1.048.523,15	1.094.442,70
<b>18</b>	1.155.527,32	1.065.730,47	1.107.247,83
<b>19</b>	1.184.532,31	1.082.937,78	1.120.052,96
<b>20</b>	1.213.537,30	1.100.145,09	1.132.858,08

Dobivenim rezultatima može se zaključiti da je II. varijanta sustava optimalno rješenje. U periodu od 20 godina ukupna investicija za ugradnju II. varijante sustava iznosi 1.100.145,09 kn.

**Slika 12 Usporedba troškova predloženih varijanti sustava kroz period od 20 godina**

Slika 12 prikazuje ukupne troškove pojedinih sustava kroz period od 20 godina. Može se vidjeti da je u početku I. varijanta sustava najjeftinija međutim, nakon 10 godina II. varijanta se pokazala isplativijom iz razloga što ima niže pogonske troškove. III. varijanta sustava ima najniže pogonske troškove ali s obzirom na visoku početnu cijenu nije optimalna za ugradnju.

**Tablica 22 Usporedba ukupnih troškova nakon 20 godina**

## 7. ODABIR OPREME

Nakon provedenih proračuna i analiza, odabrana je II. varijanta sustava koja se sastoji od sljedećih komponenti : dizalica topline zrak/voda i solarni pločasti sustav.

### 7.1. ODABIR DIZALICE TOPLINE

Odabrana je inverterska dizalica topline zrak-voda za vanjsku ugradnju sa zrakom hlađenim kondenzatorom u kompletu sa pumpom i hidrauličkim modulom. Radni medij je R410A. Kompresor je spiralna (scroll) izvedba, inverterski s kontinuiranom regulacijom opterećenja. Zrakom hlađeni kondenzator sa ugrađenim pothlađivačem posebno je zaštićen poliakrilnim premazom protiv korozije i agresivnih utjecaja okoline. Uz uređaj se standardno isporučuje daljinski žičani upravljač s 7 dnevnim timerom kojeg je moguće dislocirati do 500 m od uređaja. Elektronska regulacija omogućava automatski restart uređaja nakon prekida napajanja.

Hlađenje pri uvjetima (A27/W7) :

$Q_h \text{ max.} = 42,0 \text{ kW}$

Nominalna priključna snaga:

$N \text{ ukupno} = 14,9 \text{ kW}$

400 V - 50 Hz

$EER = 2,82$

$ESEER = 4,60$

$T_v = 35^\circ\text{C ST}$

$T_{vode} = 7/12^\circ\text{C}$

Radni medij: voda, 20% MEG

Grijanje pri uvjetima (A7/W35)

$Q_g \text{ max.} = 42,0 \text{ kW}$

Priključna snaga:

$N \text{ ukupno} = 14,2 \text{ kW}$

400V - 50 Hz

$COP = 2,96$

$T_v = 7^\circ\text{C ST}$

$T_{w,i/u} = 45/35^\circ\text{C}$

Radni medij: voda, 20% MEG



Protok vode u isparivaču: 2,0 l/s

Pad tlaka u isparivaču : 30 kPa

Nivo zvučnog tlaka: 64 dB(A) na udaljenosti 1m od jedinice

Dimenzije ukupno:

2358 x 780 mm ; h = 1684 mm

Težina u pogonu: 577 kg

**Dodatne opcije:**

OPSP - hidromodul s centrifugalnom pumpom niskog ESP-a

OP10 - protusmrzavajuća zaštita isparivača i hidrauličkih elemenata

EKRP1HT- adapter za povezivanje na CNUS

Tip: **EWYQ040BAW**

Proizvođač: Daikin

## 7.2. AKUMULACIJSKI SPREMNIK POTROŠNE TOPLE VODE

Odabran je akumulacijski spremnik potrošne tople vode volumena 750 L s dva izmjenjivača topline. Donji izmjenjivač u spremniku spaja se na solarni sustav dok se gornji spaja na izmjenjivač freon/voda koji služi za dogrijavanje ukoliko nema dovoljno insolacije. Spremnik je izrađen od emajla te ima ugrađenu zaštitnu magnezijevu anodu.

Visina	1.975 mm
Širina s oplatom	810 mm
Dubina s oplatom	875 mm
Težina (prazan)	198 kg
Težina (napunjen)	835 kg
Zapremina spremnika	750 L
Maks. temperatura tople vode	85 °C
Maks. temperatura polaznog voda	110 °C
Maks. pogonski tlak	10 bara

Tip : **auroSTOR VIH S 750**

Proizvođač : Vaillant

### 7.3. SOLARNI PLOČASTI KOLEKTORI

Pločasti kolektor bruto površine 2,31 m<sup>2</sup> sa solarnim sigurnosnim staklom debljine 3,2 mm u aluminijskom okviru dubine svega 80 mm te mase 38 kg dostupan je u isključivo u verziji za vertikalnu montažu. Posebno sigurnosno staklo visoke čvrstoće osigurat će maksimalnu apsorpciju i minimalnu refleksiju Sunčeve svjetlosti te će ujedno štititi od vremenskih neprilika. Serpentinški apsorber s četiri priključka omogućava individualnu tehniku priključivanja te jednostavnu prilagodbu okolnostima postavljanja.

Tehničke karakteristike :

Emisija apsorbera	15 %
Apsorpcija apsorbera	90 %
Bruto površina	2,31 m <sup>2</sup>
Neto površina	2,05 m <sup>2</sup>
Bruto težina	38 kg
Stagnacijska temperatura	118 °C
Visina	2033 mm
Širina	1133 mm
Dubina	80 mm

Tip : **auroTHERM pro VFK 125**

Proizvođač : Vaillant

### 7.4. SOLARNA KOMPAKTNA STANICA

Solarna kompaktna stanica sastoji se od sljedećih komponenti :

Wilo ST 25/6 180 – 6/4“ cirkulacijsku pumpu

Manometar, 2 termometra na polaznom i povratnom vodu

6 bara sigurnosni solarni ventil

Ventile za punjenje i pražnjenje

Zaporni ventil, solarni nepovratni ventil

Separator zraka

Mjerač protoka sa kontrolom protoka  
Izlaz za priključak ekspanzijske posude

Tip : **S2 Solar 3**

Proizvođač : Regulus

## 7.5. PLOČASTI IZMJENJIVAČ FREON/VODA

Za iskorištenje topline pregrijanih para nakon kompresije radne tvari koristi se pločasti izmjenjivač freon/voda koji u slučajevima nedostatka insolacije dogrijava spremnik potrošne tople vode.

Toplinski učinak	10 kW
Protok R410A	2000 kg/h
Pad tlaka radne tvari	22,9 kPa
Protok vode	1,69 m <sup>3</sup> /h
Pad tlaka vode	2,1 kPa

Tip : **EXL 2 30**

Proizvođač : CIAT (Exel)

## 7.6. VENTILOKONVEKTORI

Odabran je podstropni 4-smjerni ventilokonvektor kazetne izvedbe.

Tehničke karakteristike:

Razvod: 2 cijevni - regulacija na strani vode

$Q_c = 2 / 1,7 / 1,5 \text{ kW}$

$T_{vh} = 7/12 \text{ °C}$

$Q_h = 2,9 / 2,6 / 2,3 \text{ kW}$

Nivo zvučnog tlaka: 44 / 40 / 36 dB(A) na udaljenosti 1m od jedinice

Protok zraka = 468 / 390 / 318 m<sup>3</sup>/h

Nnom= 60 W, 220 V ~ 50 Hz

Dimenzije: 575x575 mm, h=285 mm

Težina: 19 kg

Tip : **FWE02BT**

Proizvod : Daikin

Tehničke karakteristike:

Razvod: 2 cijevni - regulacija na strani vode

$Q_c = 3,2 / 2,8 / 2,5$  kW

$T_{vh} = 7/12$  °C

$Q_h = 4 / 3,4 / 2,8$  kW

Nivo zvučnog tlaka: 40 / 36 / 31 dB(A) na udaljenosti 1m od jedinice

Protok zraka = 468 / 390 / 318 m<sup>3</sup>/h

Nnom= 34 W, 220 V ~ 50 Hz

Dimenzije: 575x575 mm, h=285 mm

Težina: 19 kg

Tip : **FWE03BT**

Proizvod : Daikin

Tehničke karakteristike:

Razvod: 2 cijevni - regulacija na strani vode

$Q_c = 6,2 / 5,8 / 5,1$  kW

$T_{vh} = 7/12$  °C

$Q_h = 6,7 / 6,3 / 5,7$  kW

Nivo zvučnog tlaka: 40 / 36 / 31 dB(A) na udaljenosti 1m od jedinice

Protok zraka = 468 / 390 / 318 m<sup>3</sup>/h

Nnom= 34 W, 220 V ~ 50 Hz

Dimenzije: 575x575 mm, h=285 mm

Težina: 19 kg

Tip : **FWE05BT**

Proizvod : Daikin

Tablica 23 Odabrani ventilokonvektori po prostorijama

Etaža	Prostorija	Ventilokonvektor
<b>Podrum</b>	Apartman	<b>FWE03BT</b>
<b>Prizemlje</b>	Kuhinja	<b>FWE05BT</b>
	Ured	<b>FWE02BT</b>
	Teretana	<b>FWE03BT</b> <b>FWE05BT</b>
	Ulaz	<b>FWE02BT</b>
	Salon	<b>FWE02BT</b> <b>FWE05BT</b>
	Blagovaonica	<b>FWE02BT</b>
	Konoba/vinoteka	<b>FWE02BT</b> <b>FWE05BT</b>
<b>1.kat</b>	Soba	<b>FWE02BT</b>
	Soba	<b>FWE02BT</b>
	Soba	<b>FWE03BT</b>
	Soba	<b>FWE03BT</b>
<b>2.kat</b>	Soba	<b>FWE02BT</b>
	Soba	<b>FWE03BT</b>

### 7.7. RAZDJELNIK I SABIRNIK VODE

Razdjelnik/sabirnik vode s četiri kruga grijanja izoliran s izolacijom od EPS 25 mm (prema DIN 4102-B2) te oplatom od pocinčanog lima 0.8 mm. Antikorozivno zaštićen temeljnom bojom. Razdjelnik ispitan tlačnom probom na 12 bara, radni tlak max. 6 bara, temperatura polaznog voda max. 90 °C.

Tip : **MIK HVI-4**

Proizvođač : Maring d.o.o.

### 7.8. CIRKULACIJSKE PUMPE ZA GRIJANJE

Cirkulacijska pumpa, frekventno regulirana, u monoblok izvedbi za ugradnju u cjevovod, za cirkulaciju vode u krugu ventilokonvektora, prirubnička, zajedno s pripadnim protuprirubnicama i brtvama. Elektromotor je termički zaštićen

Tip: **MAGNA 3 32-80**

Proizvod: Grundfos

- opskrba podrumске i prizemne etaže

- oznaka pumpe u projektu: **P1**

Tip: **ALPHA2 25-40**

Proizvod: Grundfos

- opskrba prvog kata

- oznaka pumpe u projektu: **P2**

Tip: **ALPHA2 25-40**

Proizvod: Grundfos

- opskrba drugog kata

- oznaka pumpe u projektu: **P3**

Tip: **ALPHA2 25-40**

Proizvod: Grundfos

- cirkulacija vode između spremnika PTV-a i pločastog izmjenjivača freon/voda

- oznaka pumpe u projektu: **P4**

## **7.9. RECIRKULACIJSKA PUMPA ZA PTV**

Cirkulacijska pumpa, navojna, u krugu recirkulacije PTV, u monoblok izvedbi za ugradnju u cjevovod, kućište od bronce, zajedno s holenderom i brtvama. Elektromotor je jednofazni, jednobrzinski te termički zaštićen.

Tip: **UPS 25-80 N 120**

Proizvod: Grundfos

-oznaka pumpe u projektu: **P5**

## 7.10. EKSPANZIJSKA POSUDA

Proračun ekspanzijske posude za sustav grijanja/hlađenja :

Minimalni volumen ekspanzijske posude računa se prema :

$$V_{n,min} = (V_e + V_V) * \frac{p_e + 1}{p_e - p_o}$$

$V_{n,min}$  – minimalni volumen zatvorene ekspanzijske posude (lit)

$V_e$  – volumen širenja vode u litrama izazvan povišenjem temperature vode od 10°C do maksimalne temperature polaznog voda (lit)

$V_V$  – dodatni volumen (zaliha) – oko 0,5 % volumena vode u instalaciji (min 3 L)

$p_e$  – projektni krajnji tlak – povezan s točkom otvaranja sigurnosnog ventila

$p_o$  – primarni tlak ekspanzijske posude (prilikom isporuke)

Ukupna količina vode u sustavu :

$$V_A = 371,38 \text{ L}$$

$$n = 0,935 \text{ (koeficijent širenja vode od } 10^\circ\text{C do } 45^\circ\text{C)}$$

$$V_{n,min} = 22,65 \text{ L}$$

Odabrana je ekspanzijska posuda, čelična, sa zračnim jastukom, u obliku diska za sustav grijanja/hlađenja.

-max tlak	$p_{max}$	3,5	[bar]
-maksimalna temperatura	TS	90	[°C]
-nazivni volumen	$V_n$	24	[l]
-priključak	S	R 3/4	
-promjer	Ø	325	[mm]
-visina	H	420	[mm]

-masa	G	5	[kg]
-------	---	---	------

Tip kao: **MN-24**

Proizvod kao: Pneumatex, Švicarska

### Proračun ekspanzijske posude za solarni sustav :

Ukupna količina vode u sustavu :

$$V_A = 45 \text{ L}$$

n = 3,585 (koeficijent širenja vode od 10 °C do 90 °C)

$$V_{n,min} = 15,5 L$$

Odabrana je ekspanzijska posuda, čelična, sa zračnim jastukom, u obliku diska za solarni sustav

-max tlak  $p_{\max}$  10 [bar]

-maksimalna temperatura	TS	110	[°C]
-------------------------	----	-----	------

-nazivni volumen	$V_n$	18	[1]
------------------	-------	----	-----

-priključak S R 3/4

-promjer                      Ø        270     [mm]

-visina	H	349	[mm]
---------	---	-----	------

Tip kao: **Solar-Plus 18**

Proizvod kao: Zilmet

### Proračun ekspanzijske posude za sustav zagrijavanja potrošne tople vode :

Ukupna količina vode u sustavu :

$$V_A = 800 \text{ L}$$



$n = 1,66$  (koeficijent širenja vode od 10 °C do 60°C)

$$V_{n,min} = 46,98 \text{ L}$$

Odabrana je ekspanzijska posuda, čelična, sa zračnim jastukom, u obliku diska za sustav zagrijavanja potrošne tople vode.

-max tlak	$p_{max}$	3,5	[bar]
-maksimalna temperatura	TS	90	[°C]
-nazivni volumen	$V_n$	50	[l]
-priključak	S	R 3/4	
-promjer	Ø	380	[mm]
-visina	H	565	[mm]
-masa	G	7,4	[kg]
Tip kao:	<b>MN-50</b>		
Proizvod kao:	Pneumatex, Švicarska		

#### Proračun ekspanzijske posude za sustav izmjenjivača topline freon/voda :

Ukupna količina vode u sustavu :

$$V_A = 20 \text{ L}$$

$n = 1,66$  (koeficijent širenja vode od 10 °C do 60°C)

$$V_{n,min} = 9,8 \text{ L}$$

Odabrana je ekspanzijska posuda, čelična, sa zračnim jastukom, u obliku diska za sustav izmjenjivača topline freon/voda.

-max tlak	$p_{\max}$	3,5	[bar]
-maksimalna temperatura	TS	90	[°C]
-nazivni volumen	$V_n$	10	[l]
-priključak	S	R 3/4	
-promjer	Ø	245	[mm]
-visina	H	330	[mm]
-masa	G	2,55	[kg]
Tip kao:	<b>MN-10</b>		
Proizvod kao:	Pneumatex, Švicarska		

### 7.11. ELEKTRIČNI KUPAONSKI RADIJATOR

U svakoj kupaonici ili sanitarnom čvoru u zgradi nalazi se električni kupaonski radijator.

Tehničke karakteristike :

Visina : 912 mm

Duljina : 500 mm

Masa : 15,7 kg

El. snaga : 500 W

Tip kao: **JA0509EL**

Proizvod kao: Radson

## 8. HIDRAULIČKI PRORAČUN CJEVOVODA

### 8.1. Proračun dimenzija cjevovoda

Za razvod tople i hladne vode odabran je cjevovod izrađen od bakra. Dimenzije cjevovoda odabrane su tako da brzina strujanja vode u cjevovodima ne prelazi preporučene vrijednosti. Tablica 24 prikazuje preporučene brzine vode u cijevima.

**Tablica 24 Preporučene brzine strujanja vode u cijevima**

Nazivna veličina	Brzina strujanja vode (m/s)	
	Minimum	Maksimum
<DN 15	0,01-0,013	0,3
DN15	0,013	0,35
DN20	0,015	0,65
DN25	0,018	0,8
DN32	0,02	1
DN40	0,03	1,5
DN50	0,04	1,5
>DN50	0,05-0,06	1,5

Brzina strujanja vode izračunava se na sljedeći način :

$$g_m = \frac{\phi}{c_w (T_{pol} - T_{pov})} \quad \left[ \frac{kg}{s} \right]$$

$$g_m = w * A * \rho \quad \left[ \frac{kg}{s} \right]$$

$$w = \frac{g_m}{A * \rho} \quad \left[ \frac{m}{s} \right]$$

$g_m$  – maseni protok vode [kg/s]

$\phi$  - toplinski učinak [W]

$c_w$  – toplinski kapacitet vode [kJ/kgK]

$A$  – unutarnja površina cijevi [m<sup>2</sup>]

$\rho$  - gustoća voda [kg/m<sup>3</sup>]

Tablica 25 prikazuje izračunate vrijednosti brzina strujanja vode u cjevovodima i odabrane dimenzije cjevovoda.

**Tablica 25 Dimenzije cjevovoda**

Dionica	Toplinski učin (W)	Protok vode (kg/s)	Vanjski promjer cijevi (m)	Unutarnji promjer cijevi (m)	Brzina (m/s)
P1	3367	0,080415572	0,018	0,016	0,400157106
Pr1	18951	0,452615238	0,035	0,032	0,563066329
Pr2	17088	0,408120373	0,035	0,032	0,507713441
Pr3	16391	0,391473609	0,035	0,032	0,48700439
Pr4	15760	0,376403153	0,035	0,032	0,46825631
Pr5	14026	0,334989252	0,035	0,032	0,416736232
Pr6	13147	0,313995701	0,035	0,032	0,390619652
Pr7	10927	0,260974445	0,028	0,026	0,491792192
Pr8	9188	0,219441127	0,028	0,026	0,413524907
Pr9	4290	0,102459995	0,018	0,016	0,509852683
Pr10	2094	0,050011942	0,018	0,016	0,248865156
1K1	9835	0,234893719	0,028	0,026	0,442644478
1K2	6516	0,155624552	0,022	0,02	0,495619593
1K3	4013	0,09584428	0,018	0,016	0,476932125
2K1	8622	0,205923095	0,028	0,026	0,388050909
2K2	7506	0,179269166	0,022	0,02	0,570920912
2K3	5614	0,134081681	0,022	0,02	0,427011724
2K4	3089	0,073775973	0,018	0,016	0,367117701
Glavni cjevovod	40775	0,973847624	0,054	0,051	0,496228088

## 8.2. Proračun pada tlaka

Ukupni pad tlaka u cjevovodu jednak je zbroju linijskih i lokalnih padova tlaka u cjevovodu.

Linijski pad tlaka u cjevovodu javlja se zbog površinske hrapavosti cijevi dok se lokalni pad tlaka javlja pri promjeni strujanja fluida kroz cijev (armatura, koljena, lukovi).

Linijski pad tlaka se izračunava na sljedeći način :

$$\Delta p = \lambda \frac{L}{d} \frac{\rho w^2}{2} \quad [Pa]$$

Lokalni pad tlaka se izračunava na sljedeći način :

$$\Delta p = \zeta \frac{\rho w^2}{2} \quad [Pa]$$

**Tablica 26 Izračunate vrijednosti pada tlaka kritičnih dionica**

Dionica	Toplinski učin (W)	Protok vode (kg/s)	Unutarnji promjer cijevi (m)	Duljina (m)	R (Pa/m)	R*L (Pa)	z	Z (Pa)	R*L + Z (Pa)
P1	3367	0,365525327	0,016	15	15	225	2,2	3639,220669	3864,220669
								<b>Ukupno</b>	<b>3864,22</b>
Pr1	18951	2,057341989	0,032	14	110	1540	5,6	18341,37052	19881,37052
Pr2	17088	1,855092603	0,032	7	90	630	3,2	8521,419451	9151,419451
Pr3	16391	1,779425494	0,032	3	80	240	2,1	5145,288008	5385,288008
Pr4	15760	1,710923421	0,032	7	75	525	1,6	3624,197889	4149,197889
Pr5	14026	1,52267842	0,032	6	55	330	3,2	5741,126835	6071,126835
Pr6	13147	1,427253186	0,032	8	50	400	1,8	2837,300438	3237,300438
Pr7	10927	1,186247476	0,026	8	140	1120	3,6	8994,777036	10114,77704
Pr8	9188	0,99745967	0,026	5	100	500	1,2	2119,870028	2619,870028
Pr9	4290	0,465727251	0,016	7	75	525	1,6	4296,690225	4821,690225
Pr10	2094	0,227327008	0,016	6	20	120	1,2	767,775196	887,775196
								<b>Ukupno</b>	<b>65217,67319</b>
1K1	9835	1,067698721	0,026	16	33	528	7,2	14573,61326	15101,61326
1K2	6516	0,707384328	0,02	10	55	550	3	7612,772136	8162,772136

1K3	4013	0,435655818	0,016	8	65	520	2,4	5639,609559	6159,609559
								<b>Ukupno</b>	<b>29423,99495</b>
2K1	8622	0,93601407	0,026	22	28	616	9,8	15245,02456	15861,02456
2K2	7506	0,814859848	0,02	4	75	300	3,2	10775,22936	11075,22936
2K3	5614	0,609462188	0,02	6	40	240	2,5	4709,168714	4949,168714
2K4	3089	0,335345333	0,016	5	45	225	1,9	2645,385047	2870,385047
								<b>Ukupno</b>	<b>34755,80768</b>
Glavni cjevovod	40775	4,426580107	0,05	55	20	1100	6,2	15771,71857	<b>16871,71857</b>

## 9. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA

Tema ovog diplomskog rada je bila izrada projekta sustava grijanja, hlađenja i zagrijavanje potrošne tople vode stambene zgrade koja je smještena na otoku Rabu. Dizalica topline zrak/voda koristi se za proizvodnju toplinske/rashladne energije. Održavanje projektne temperature u sezoni grijanja i hlađenja izvedeno je preko dvocijevnog ventilokonvektorskog sustava sa mogućnošću prekretanja. Potrošna topla voda se zagrijava preko solarnih pločastih kolektora uz mogućnost dogrijavanja preko dizalice topline zrak/voda (izmjenjivač topline freon/voda – rekuperator pregrijanih para).

### 9.1. SUSTAV GRIJANJA

Izvor toplinske energije za grijanje stambene zgrade je inverterska dizalica topline zrak/voda proizvođača „Daikin“, tip „EWYQ040BAW“ - za vanjsku ugradnju sa zrakom hlađenim kondenzatorom u kompletu sa pumpom i hidrauličkim modulom. Radni medij je R410A. Kompresor je spiralna (scroll) izvedba, inverterski s kontinuiranom regulacijom opterećenja. Zrakom hlađeni kondenzator sa ugrađenim pothlađivačem posebno je zaštićen poliakrilnim premazom protiv korozije i agresivnih utjecaja okoline. Ogrjevnii učinak dizalice topline iznosi 42 kW (pri vanjskoj temperaturi zraka 7°C) uz nazivnu snagu električnog priključka od 14,9 kW. Vanjska jedinica smještena je izvan građevine na betonskom temelju prizemne etaže.

Temperaturni režim grijanja je 45/35 °C. Razdjelnik kruga grijanja dijeli sustav na tri kruga potrošača (podrum i prizemlje, 1.kat i 2.kat). Za podrumsku i prizemnu etažu koristi se pumpa proizvođača „Grundfos“, tip „Magna 3 32-80“, 1. kat koristi pumpu proizvođača „Grundfos“, tip „Alpha 2 25-40 i 2. kat koristi pumpu proizvođača „Grundfos“, tip Alpha 2 25-40“. Sve pumpe su frekventno regulirane te se prilagođavaju promjeni radnog režima sustava grijanja.

Razvod sustava izveden je preko bakrenih cijevi izoliranih paronepropusnom izolacijom debljine 18 mm.

Ventilokonvektori se smještaju u prostorijama unutar spušenog stropa. Ventilokonvektori su opremljeni kadicom za kondenzat, filtrom i ventilatorom. Odabrani su ventilokonvektori proizvođača „Daikin“, tip „FWF02BT“, „FWF03BT“ i „FWF05BT“. Regulacija učinka je preko termostata smještenog u prostoriji. Regulacija se izvodi promjenom protoka ogrjevnog medija kroz ventilokonvektor. Odvod kondenzata vodi se u kanalizaciju.

## 9.2. SUSTAV HLAĐENJA

Izvor rashladne energije za hlađenje stambene zgrade je inverterska dizalica topline zrak/voda proizvođača „Daikin“, tip „EWYQ040BAW“ - za vanjsku ugradnju sa zrakom hlađenim kondenzatorom u kompletu sa pumpom i hidrauličkim modulom. Radni medij je R410A. Kompresor je spiralna (scroll) izvedba, inverterski s kontinuiranom regulacijom opterećenja. Zrakom hlađeni kondenzator sa ugrađenim pothlađivačem posebno je zaštićen poliakrilnim premazom protiv korozije i agresivnih utjecaja okoline. Rashladni učinak dizalice topline iznosi 42 kW (pri vanjskoj temperaturi zraka 27°C) uz nazivnu snagu električnog priključka od 14.9 kW. Vanjska jedinica smještena je izvan građevine na betonskom temelju prizemne etaže.

Temperaturni režim hlađenja je 7/12 °C. Razdjelnik kruga grijanja dijeli sustav na tri kruga potrošača (podrum i prizemlje, 1.kat i 2.kat). Za podrumsku i prizemnu etažu koristi se pumpa proizvođača „Grundfos“, tip „Magna 3 32-80“, 1. kat koristi pumpu proizvođača „Grundfos“, tip „Alpha 2 25-40 i 2. kat koristi pumpu proizvođača „Grundfos“, tip Alpha 2 25-40“. Sve pumpe su frekventno regulirane te se prilagođavaju promjeni radnog režima sustava hlađenja. Razvod sustava izveden je preko bakrenih cijevi paronepropusnom izolacijom debljine 18 mm.

Ventilokonvektori se smještaju u prostorijama unutar spušenog stropa. Ventilokonvektori su opremljeni kadicom za kondenzat, filtrom i ventilatorom. Odabrani su ventilokonvektori proizvođača „Daikin“, tip „FWF02BT“, „FWF03BT“ i „FWF05BT“. Regulacija učinka je preko termostata smještenog u prostoriji. Regulacija se izvodi promjenom protoka rashladnog medija kroz ventilokonvektor. Odvod kondenzata vodi se u kanalizaciju.

## 9.3. SUSTAV ZAGRIJAVANJA PTV-a

Za zagrijavanje potrošne tople vode temperature 60 °C predviđen je spremnik izrađen od nehrđajućeg čelika volumena 750 L s dva izmjenjivača unutar spremnika, proizvođača „Vaillant“, tip „auroSTOR VIH S 750“. Pomoću prvog izmjenjivača voda se zagrijava preko solarnog pločastog sustava. Pločasti solarni kolektori smještaju se na krov kuće okrenutu prema južnoj strani svijeta. Odabrani su pločasti kolektori proizvođača „Vaillant“, tip „auroTHERM pro VFK 125“. Predviđena je ugradnja 10 pločastih kolektora ukupne korisne



površine 20 m<sup>2</sup>. Drugi izmjenjivač je spojen na rekuperator pregrijanih para proizvođača „CIAT (Exel)“, tip „EXL 2 30“. Dizalica topline po potrebi dogrijava potrošnu toplu vodu ukoliko nema dovoljno energije od solarnog zračenja. Pumpa koja ostvaruje cirkulaciju vode kroz rekuperator pregrijanih para je proizvođača „Grundfos“, tip ALPHA2 „25-40“. Predviđena je ugradnja recirkulacijskog razvoda preko recirkulacijske pumpe. Odabrana je recirkulacijska pumpa proizvođača „Grundfos“, tip „UPS 25-80 N 120“.

## 10. ZAKLJUČAK

Diplomskim radom je bilo potrebno provesti postupak odabira sustava prema Elaboratu o alternativnim sustavima opskrbe energijom u kojem je potrebno ponuditi tri različita sustava i napraviti tehničko-ekonomsku analizu te odabrati optimalan sustav.

Prva varijanta se sastoji od sljedećih komponenti : kotao na pelete, solarni pločasti kolektori i rashladnik vode. Provedenom analizom procijenjena investicijska vrijednost ovog sustava iznosi 633.437,50 kn (s PDV-om) te ukupni troškovi (investicija + pogon) u periodu od 20 godina iznose 1.213.537,30 kn (s PDV-om).

Druga varijanta sustava se sastoji od sljedećih komponenti : dizalica topline zrak/voda i solarni pločasti sustav za zagrijavanje potrošne tople vode. Provedenom analizom procijenjena investicijska vrijednost ovog sustava iznosi 756.650,00 kn (s PDV-om) te ukupni troškovi (investicija + pogon) u periodu od 20 godina iznose 1.100.145,09 kn (s PDV-om).

Treća varijanta sustava se sastoji od sljedećih komponenti : VRF (Variable Refrigerant Flow) i solarni pločasti sustav za zagrijavanje potrošne tople vode. Provedenom analizom procijenjena investicijska vrijednost ovog sustava iznosi 877.128,52 kn (s PDV-om) te ukupni troškovi (investicija + pogon) u periodu od 20 godina iznose 1.132.858,08 kn (s PDV-om).

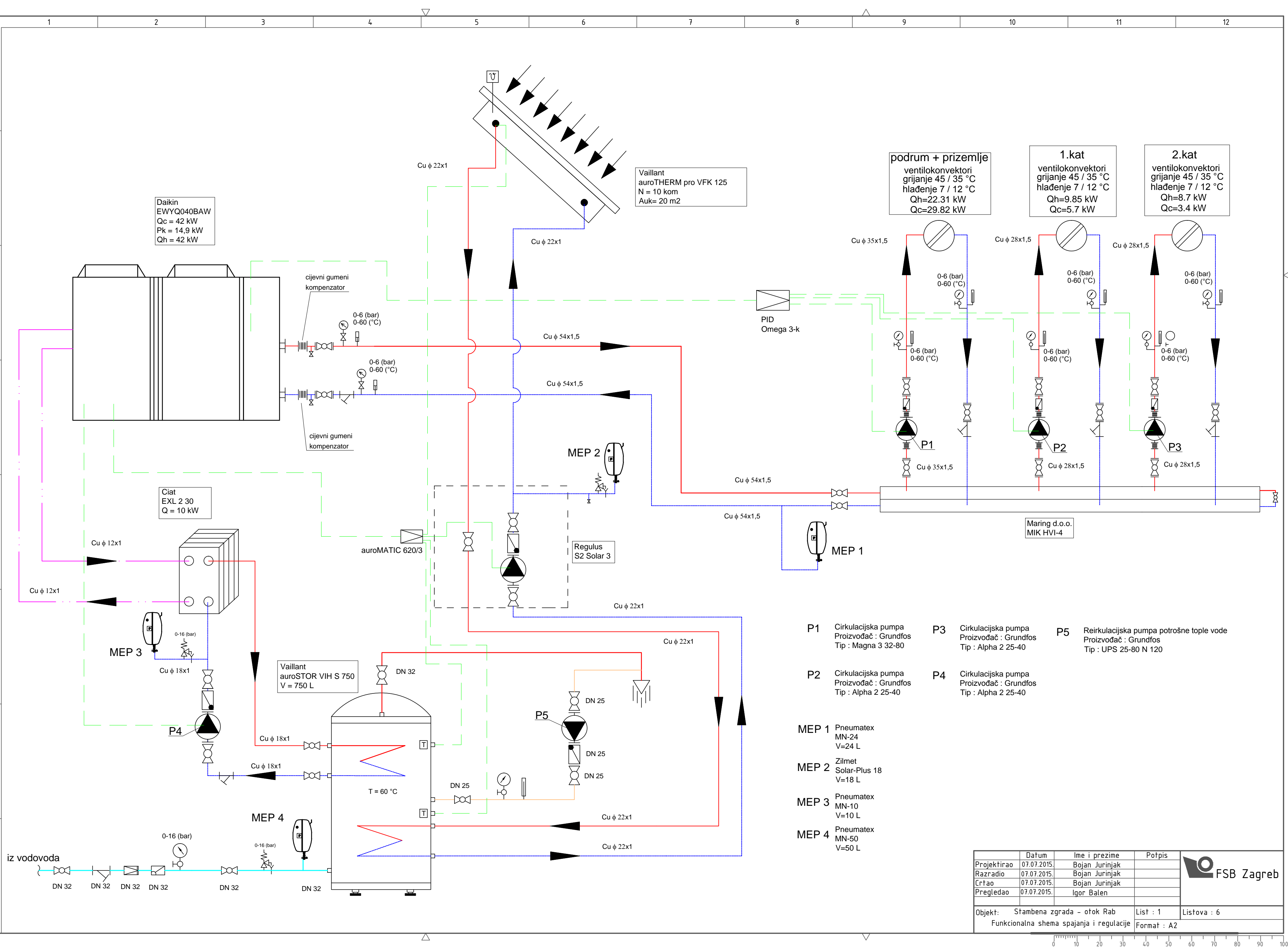
Usporedbom ukupnih troškova (investicijski i pogonski) u periodu od 20 godina, procijenjeno je da bi nakon 10 godina II. varijanta sustava zbog manjih pogonskih troškova bila isplativija od I. varijante sustava koja je investicijski jeftinija od predloženih varijanti.

Nakon provedene tehničko-ekonomske analize odabrana je druga varijanta sustava koja se sastoji od dizalica topline zrak/voda koja se koristi za grijanje i hlađenje (uz dogrijavanje PTV-a po potrebi) i solarnih pločastih kolektora.

## 11. LITERATURA

- [1] Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja, 2014. *Studija primjenjivosti alternativnih sustava*
- [2] [www.drvnipelet.hr](http://www.drvnipelet.hr)
- [3] Dović, D. 2012. *Obnovljivi izvori energije – Uporaba sunčeve energije u termotehničkim sustavima*
- [4] Balen, I. 2010. *Sustavi ventilacije i klimatizacije*, Zagreb
- [5] ASHARE. 2012. *2012 ASHRAE Handbook – Systems and Equipment*. ASHRAE, Atlanta, GA.
- [6] Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja, 2014. *Katalog tipskih rješenja za primjenu alternativnih sustava za zgrade površine od 50 m<sup>2</sup> do 1000 m<sup>2</sup>*
- [7] IntegraCad Ultimate 2011, *Help file*
- [8] Soldo, V., Novak, S. 2014. *Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790*, Zagreb
- [9] Dović, D., Soldo V, Švaić S. *Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama. Sustavi grijanja prostora i pripreme potrošne tople vode*, Zagreb
- [10] Dović, D. *Algoritam za proračun potrebne energije za primjenu ventilacijskih i klimatizacijskih sustava kod grijanja i hlađenja prostora zgrade HRN EN ISO 15243*

Design by CADLab



Daikin  
EWYQ040BAW  
Qc = 42 kW  
Pk = 14,9 kW  
Qh = 42 kW

Ciat  
EXL 2 30  
Q = 10 kW

Vaillant  
auroSTOR VIH S 750  
V = 750 L

Vaillant  
auroTHERM pro VFK 125  
N = 10 kom  
Auk= 20 m2

podrum + prizemlje  
ventilokonvektori  
grijanje 45 / 35 °C  
hlađenje 7 / 12 °C  
Qh=22.31 kW  
Qc=29.82 kW

1.kat  
ventilokonvektori  
grijanje 45 / 35 °C  
hlađenje 7 / 12 °C  
Qh=9.85 kW  
Qc=5.7 kW

2.kat  
ventilokonvektori  
grijanje 45 / 35 °C  
hlađenje 7 / 12 °C  
Qh=8.7 kW  
Qc=3.4 kW

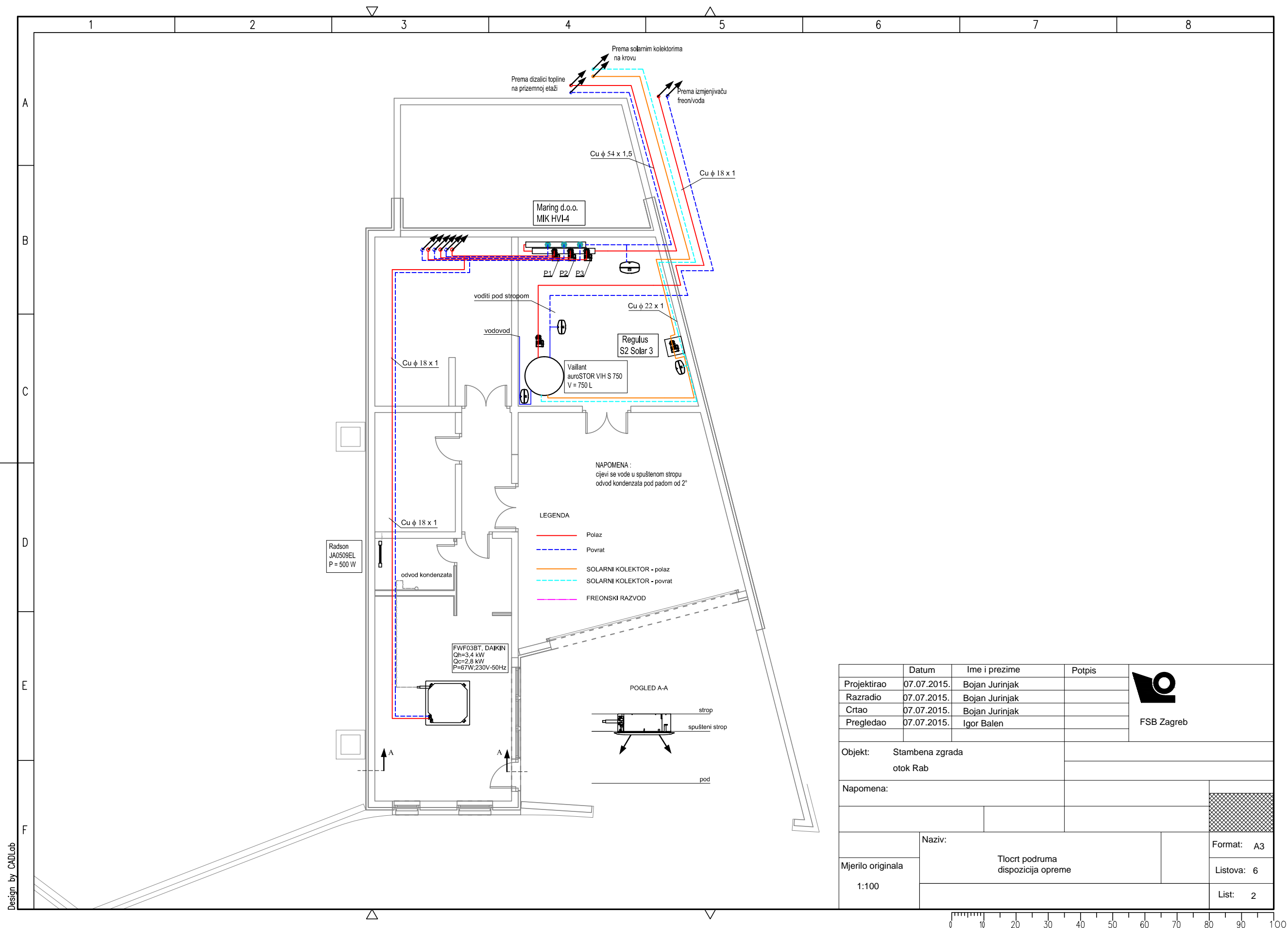
- P1 Cirkulacijska pumpa  
Proizvođač : Grundfos  
Tip : Magna 3 32-80
- P2 Cirkulacijska pumpa  
Proizvođač : Grundfos  
Tip : Alpha 2 25-40
- P3 Cirkulacijska pumpa  
Proizvođač : Grundfos  
Tip : Alpha 2 25-40
- P4 Cirkulacijska pumpa  
Proizvođač : Grundfos  
Tip : Alpha 2 25-40
- P5 Reirkulacijska pumpa potrošne tople vode  
Proizvođač : Grundfos  
Tip : UPS 25-80 N 120

- MEP 1 Pneumatex  
MN-24  
V=24 L
- MEP 2 Zilmet  
Solar-Plus 18  
V=18 L
- MEP 3 Pneumatex  
MN-10  
V=10 L
- MEP 4 Pneumatex  
MN-50  
V=50 L

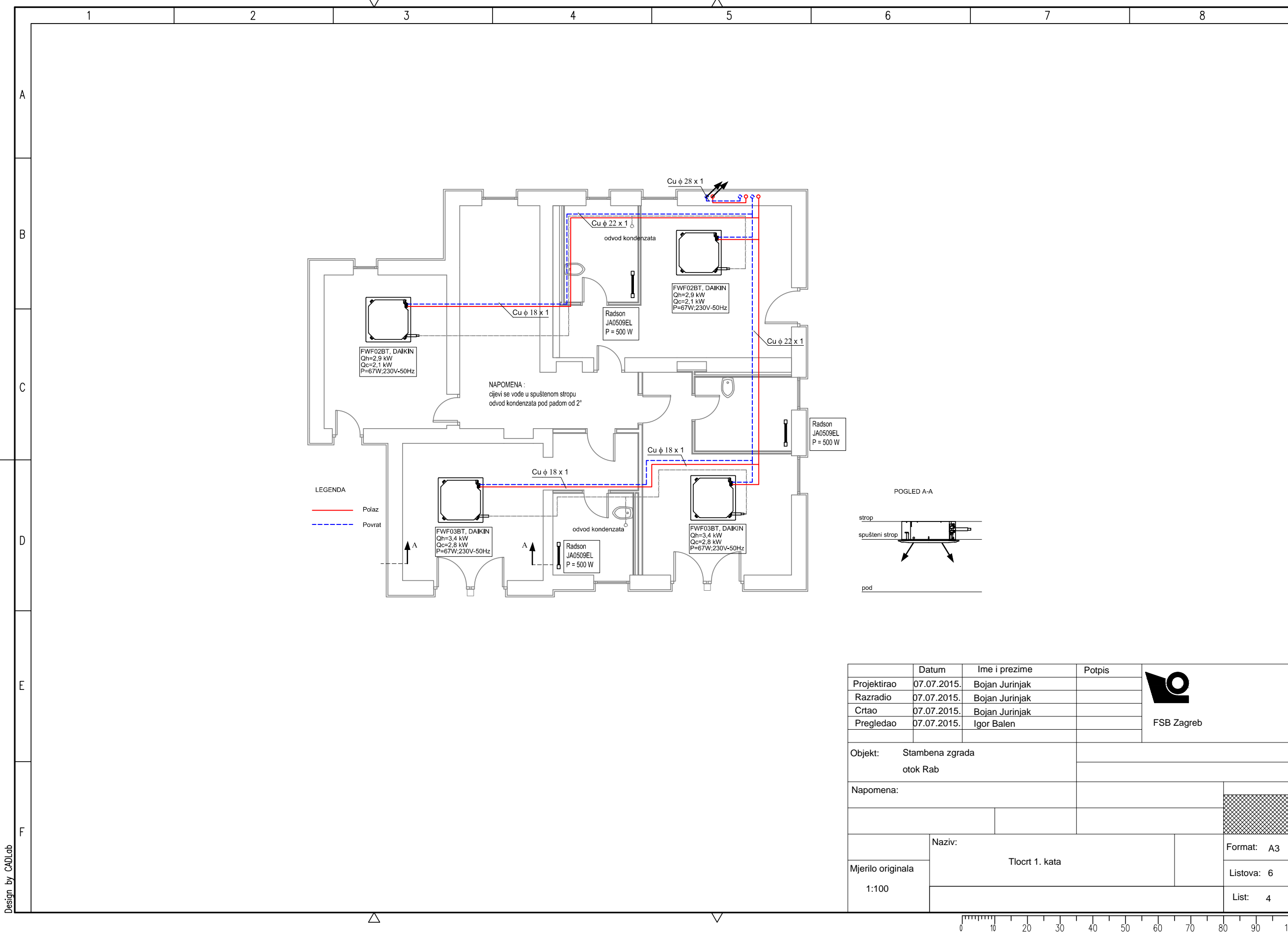
	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	07.07.2015.	Bojan Jurinjak	
Razradio	07.07.2015.	Bojan Jurinjak	
Crtao	07.07.2015.	Bojan Jurinjak	
Pregledao	07.07.2015.	Igor Balen	
Objekt:	Stambena zgrada - otok Rab		List : 1
Funkcionalna shema spajanja i regulacije		Format : A2	Listova : 6

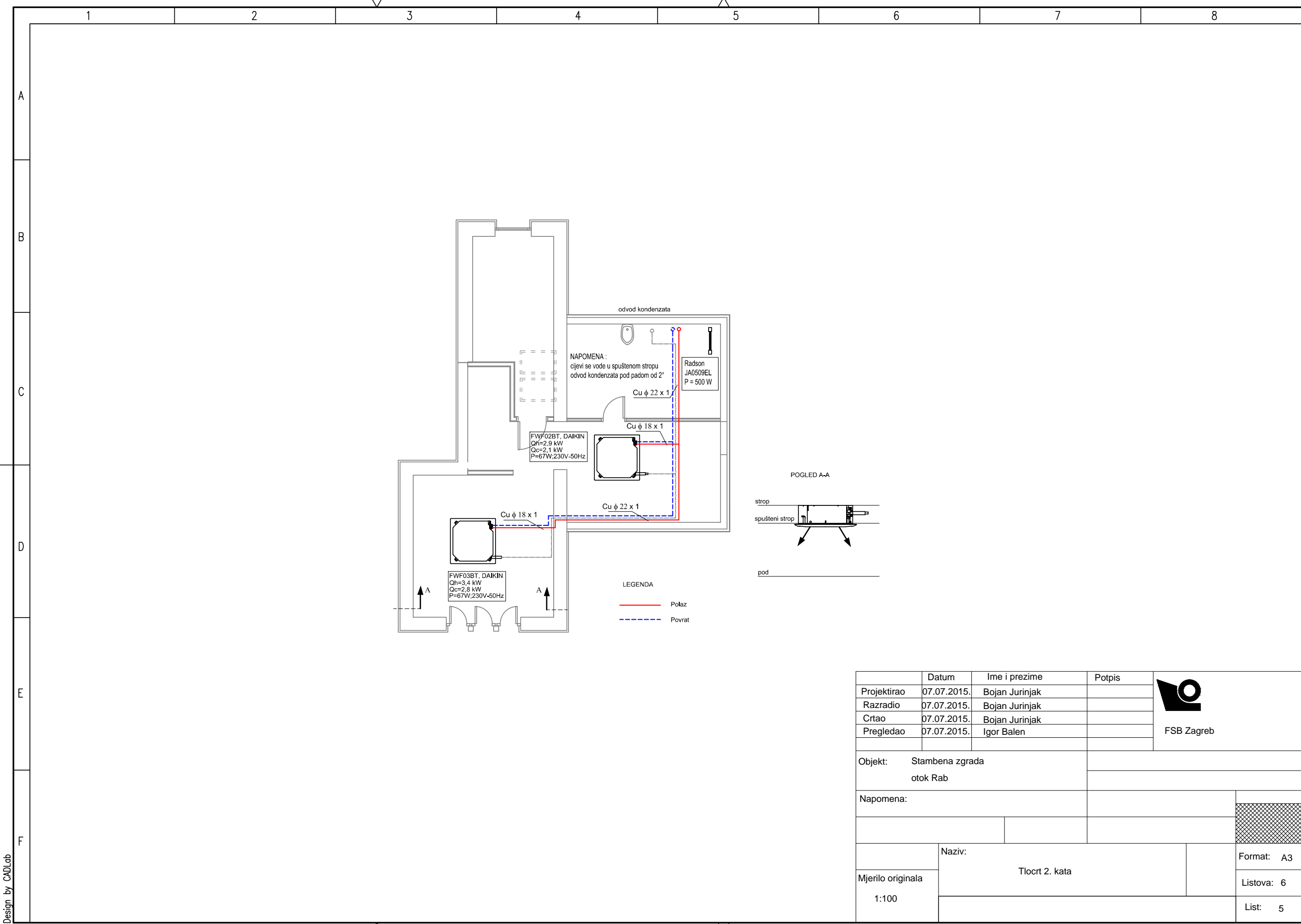




0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

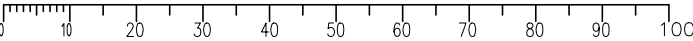




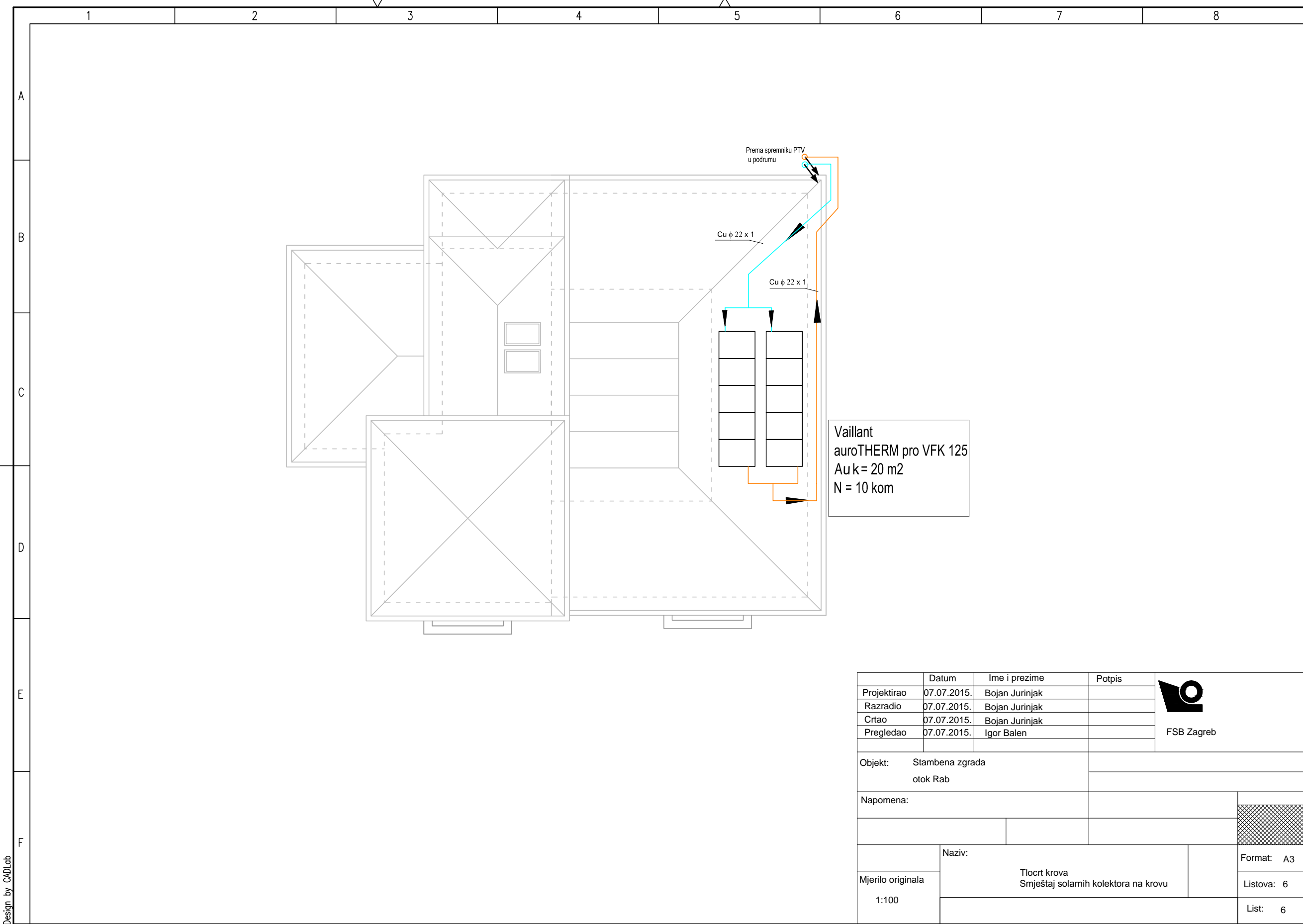



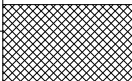


	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	07.07.2015.	Bojan Jurinjak		
Razradio	07.07.2015.	Bojan Jurinjak		
Crtao	07.07.2015.	Bojan Jurinjak		
Pregledao	07.07.2015.	Igor Balen		
Objekt:	Stambena zgrada otok Rab			
Napomena:				
	Naziv:			Format: A3
Mjerilo originala	Tlocrt 2. kata			
1:100				Listova: 6
				List: 5







	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao	07.07.2015.	Bojan Jurinjak		
Razradio	07.07.2015.	Bojan Jurinjak		
Crtao	07.07.2015.	Bojan Jurinjak		
Pregledao	07.07.2015.	Igor Balen		
Objekt:	Stambena zgrada otok Rab			
Napomena:				
		Naziv:		Format: A3
Mjerilo originala  1:100	Tlocrt krova Smještaj solarnih kolektora na krovu			Listova: 6

